No. B.3157 DEPARTMENT OF
22048 537.05 LU
LIBRARY OF Vol. 35
University of Illinois
REMOTE STORAGE
Books are not to be taken from the Library Room.

La Lumière Electrique

Journal universel d'Électricité

REMOTE STORAGE

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

DIRECTEUR :

Dr CORNELIUS HERZ

UNIVERSITY OF LIBRARY ILLINOIS.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME VINGT-CINQUIÈME

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL
31, — BOULEVARD DES ITALIENS, — 31
1887

LIBRARY
ILLINOIS

La Lumière Electrique

JOURNAL UNIVERSEL D'ELECTRICITÉ

9e ANNÉE

31. BOULEVARD des ITALIENS
PARIS

TOME XXV

L. TOURNOIS DEL

22048

Digitized by the Internet Archive
in 2021 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/lalumiereelectri25unse

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 2 JUILLET 1887 N° 27

UNIVERSITY OF LIBRARY ILLINOIS

SOMMAIRE. — La télégraphie sous-marine; Wunschendorf. — Outils électriques de M. Rowan ; W.-C. Rechniewski. — Comment l'on peut avoir de l'électricité négative lors de la chute de la pluie sur le lieu des observations ; L. Palmieri. — Sur la téléphonie à grande distance ; Vaschy. — Détails de construction des machines dynamos ; G. Richard. — Revue des travaux récents en électricité : Cas général de la conductibilité des mélanges ; nombre des molécules électrolytiques dans les dissolutions étendues, par M. E. Bouty. — Nouvelles grilles pour accumulateurs. — De l'effet des chocs et du recuit sur le moment magnétique d'aimants en acier, par M. Brown. — Sur le phénomène de Hall, par MM. Ettingshausen et Wernst. — Sur l'induction unipolaire, par MM. Exner et Czermak. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis, — Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Variétés : Qu'est-ce que la merveilleuse machine Maiche ? P. Clemenceau. — Bibliographie : Sur l'emploi de l'électricité pour la transmission du travail à distance, par J. Boulanger ; B. Marinovitch. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettre de M. Lahmeyer. — Faits divers.

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

INTRODUCTION

L'idée de transmettre la pensée au-delà des mers par le fluide électrique, ce merveilleux agent qui nous réserve tous les jours de nouvelles surprises, bien que remontant aux premières années de ce siècle, ne fut cependant réalisée d'une manière effective que bien plus tard, lorsque l'application de la vapeur à l'industrie des transports et la construction des premiers télégraphes électriques eurent rendu plus étroites les relations des peuples entre eux. Bien des déceptions toutefois attendaient les pionniers de cette œuvre nouvelle, et les ruines financières qui s'accumulèrent en quelques années atteignirent de telles proportions, que, sans la persévérante énergie de quelques hommes résolus à triompher de tous les obstacles, et le génie de savants éminents qui, pendant des années, poursuivirent sans relâche la solution des questions si délicates que soulevait cette nouvelle application de la science, la télégraphie sous-marine n'eût sans doute pas survécu à ses premiers échecs. Par un admirable enchaînement des choses, l'industrie qui avait été sauvée par la science, rendit à celle-ci les services qu'elle en avait reçus et contribua à lui faire faire des progrès que, livrée à ses propres forces, elle n'eût sans doute pu réaliser qu'après bien des années.

Aujourd'hui, la télégraphie sous-marine bien que susceptible de nombreux perfectionnements, encore, a comme les autres sciences appliquées, ses lois et ses règles; si les travaux qu'elle nécessite sont compliqués par l'élément redoutable au milieu duquel ils s'exécutent, et présentent encore bien des difficultés et même parfois bien des dangers [1], ces difficultés ne sont pas insurmon-

[1] Tous droits de reproduction et de traduction réservés.

[1] Le navire *La Plata* en se rendant de Londres dans l'Amérique du sud pour poser un câble sur les côtes du Brésil, s'est perdu, corps et biens, au large de l'île d'Ouessant, au mois de novembre 1874, la nature spéciale de son chargement n'ayant pas permis de l'alléger suffisamment vite, durant un ouragan qui détermina une voie d'eau dans sa coque.

Quelques mois auparavant, le *Gomos* qui devait effectuer le même travail, avait sombré sur les côtes du Brésil ; le *Robert Lowe*, en 1873, dans les parages de Terre-Neuve, et cette année même, le *Volta*, de l'Eastern telegraph Co, dans l'Archipel, ont subi le même sort.

tables, et les centaines de millions qui sont engagés dans ce genre d'entreprises témoignent à la fois de ses succès, de la confiance qu'elle inspire et des services qu'elle rend à l'humanité.

Les détails de la construction, de l'entretien et de l'exploitation des câbles télégraphiques sous-marins étant généralement peu connus encore du public, nous espérons qu'il accueillera avec faveur une étude complète de cette branche de l'industrie électrique. Notre travail est divisé en cinq parties comprenant:

1° L'histoire de la télégraphie sous-marine, depuis ses origines jusqu'à l'immersion du troisième câble atlantique, en 1866, date à laquelle on peut considérer comme se terminant la période des premiers tâtonnements;

2° La composition et la fabrication des câbles sous-marins;

3° Les procédés et engins se rapportant tant à leur immersion qu'à leur réparation;

4° Les instruments et méthodes d'essais servant à constater leur état électrique en cours de fabrication ou d'immersion et à localiser les défauts survenus accidentellement après la pose;

5° Enfin, les appareils et systèmes employés pour l'échange des signaux sur les longues lignes sous-marines.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

L'origine de la télégraphie sous-marine remonte à des expériences sur l'inflammation à distance de la poudre que le professeur russe Sœmmering exécuta à Saint-Pétersbourg, vers 1807 ou 1808, et qu'il répéta, en 1815, sur un fil conducteur immergé dans la Seine, à Paris.

Sœmmering ayant inventé peu après son télégraphe à décomposition électrochimique de l'eau, proposa de relier Cronstadt à St Pétersbourg par une ligne sous-marine; mais ce projet n'eut aucune suite.

En 1839, le docteur O'Shaughnessy fit une série d'expériences, dont on retrouve les détails dans les comptes-rendus de la Société asiatique de Londres, pour faire traverser au courant électrique les fleuves et les mers. Il employait des fils recouverts de poix et de chanvre goudronné et constata « que, même sous l'eau, ces fils transmettaient, sans perte appréciable, les signaux électriques. »

Le professeur Ch. Wheatstone, de son côté, songeait, dès 1837, à relier l'Angleterre au Continent par une ligne sous-marine, et à transmettre des messages à l'aide del'appareil à aiguilles qu'il venait d'inventer avec Cooke. Il exposa, le 6 février 1840, devant une Commission de la Chambre des communes, les moyens à l'aide desquels il serait possible d'établir une communication télégraphique sous-marine entre Douvres et Calais.

Après avoir fait à l'Observatoire de Bruxelles quelques essais dont les résultats lui parurent suffisamment concluants, Wheatstone arrêta tous les détails de l'œuvre qu'il se proposait d'entreprendre. Le câble devait être composé de sept conducteurs en cuivre formant chacun l'âme d'une corde de chanvre bien imbibé de goudron bouilli; toutes ces cordes devaient être tordues ensemble et recouvertes de chanvre préparé de la même manière . Wheatstone exécuta deux dessins [1] donnant le premier (fig. 1), les plans et coupes des machines destinées:

1° à revêtir les fils conducteurs de leur enveloppe isolante;

2° à corder ensemble sept fils semblables;

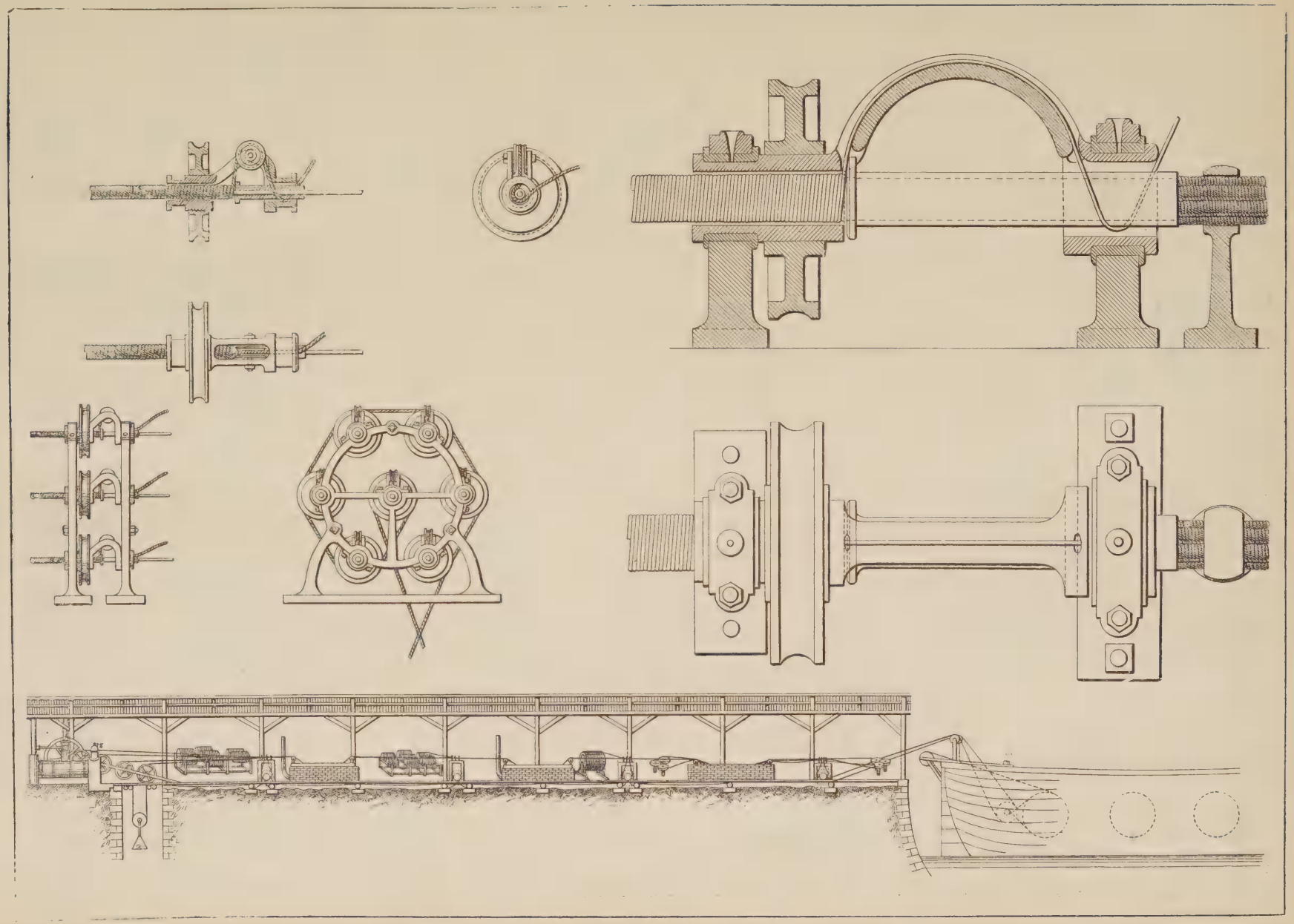
3° à recouvrir le faisceau de ces sept fils d'une enveloppe de chanvre de manière à en former un câble.

En sortant de chacune de ces machines, le câble devait passer dans un bain de matière isolante et finalement être amené à bord du navire.

Le second dessin (fig. 2) donnait :

1° Les plan et profil du détroit du Pas-de-Calais entre la pointe South Foreland et le cap Gris Nez, points de départ et d'arrivée du câble projeté ;

[1] Nous reproduisons ces dessins d'après des photographies qui ont été publiées en 1877, par M. Sabine, gendre de feu Wheatstone dans le *Journal of the Society of telegraph Engineers.*



2° Une vue de la barque chargée de câble, avec son remorqueur, durant le déroulement;

3° Les plan et élévation des tambours sur lesquels le câble devait être lové à bord et de la poulie d'immersion qui devait être placée à l'arrière de la barque;

4° La manière de souder l'un à l'autre les bouts des sections de câble enroulées sur les différents tambours;

5° Une vue du navire à vapeur glissant sous le câble pour la recherche d'un défaut;

6° Enfin, une coupe et une vue perspective du câble.

Wheatstone fit, en 1844, dans la baie de Swansea, des expériences variées sur ce mode de communication et put échanger, du bateau où il se trouvait, des signaux avec un phare voisin.

Dès que la gutta-percha eut fait son apparition en Angleterre, Wheatstone songea (1845) à en faire usage pour la fabrication de ses câbles, qu'il se proposait alors d'enfermer dans un tuyau de plomb. Mais il ne put faire que des essais insuffisants et ne réussit pas à trouver uu moyen d'appliquer cette matière isolante sur le fil conducteur.

Le professeur Morse, l'inventeur bien connu de l'appareil télégraphique qui porte son nom, se préoccupait de la même question; en 1842, il immergea dans le port de New-York un fil de cuivre isolé dans lequel il fit circuler un courant électrique. L'année suivante, il soumit au secrétaire de la Trésorerie des États-Unis un projet d'établissement d'une communication télégraphique entre l'Amérique et l'Europe.

En 1845, Ezra Cornell immergea dans la rivière de l'Hudson, un câble de douze milles de longueur pour relier le fort Lee à la ville de New-York. Le câble était composé de deux fils de cuivre entourés séparément de coton, isolés à l'aide de caoutchouc et enfermés dans un même tuyau en plomb. Le câble fonctionna convenablement pendant plusieurs mois, mais fut coupé par les glaces en 1846.

M. West, après avoir demandé aux gouvernements anglais et français l'autorisation d'établir une communication sous-marine entre Douvres et Calais, déroula, à la main, dans le port de Portsmouth, en 1846, en présence d'une nombreuse assistance, un fil conducteur isolé au caoutchouc et put télégraphier à terre.

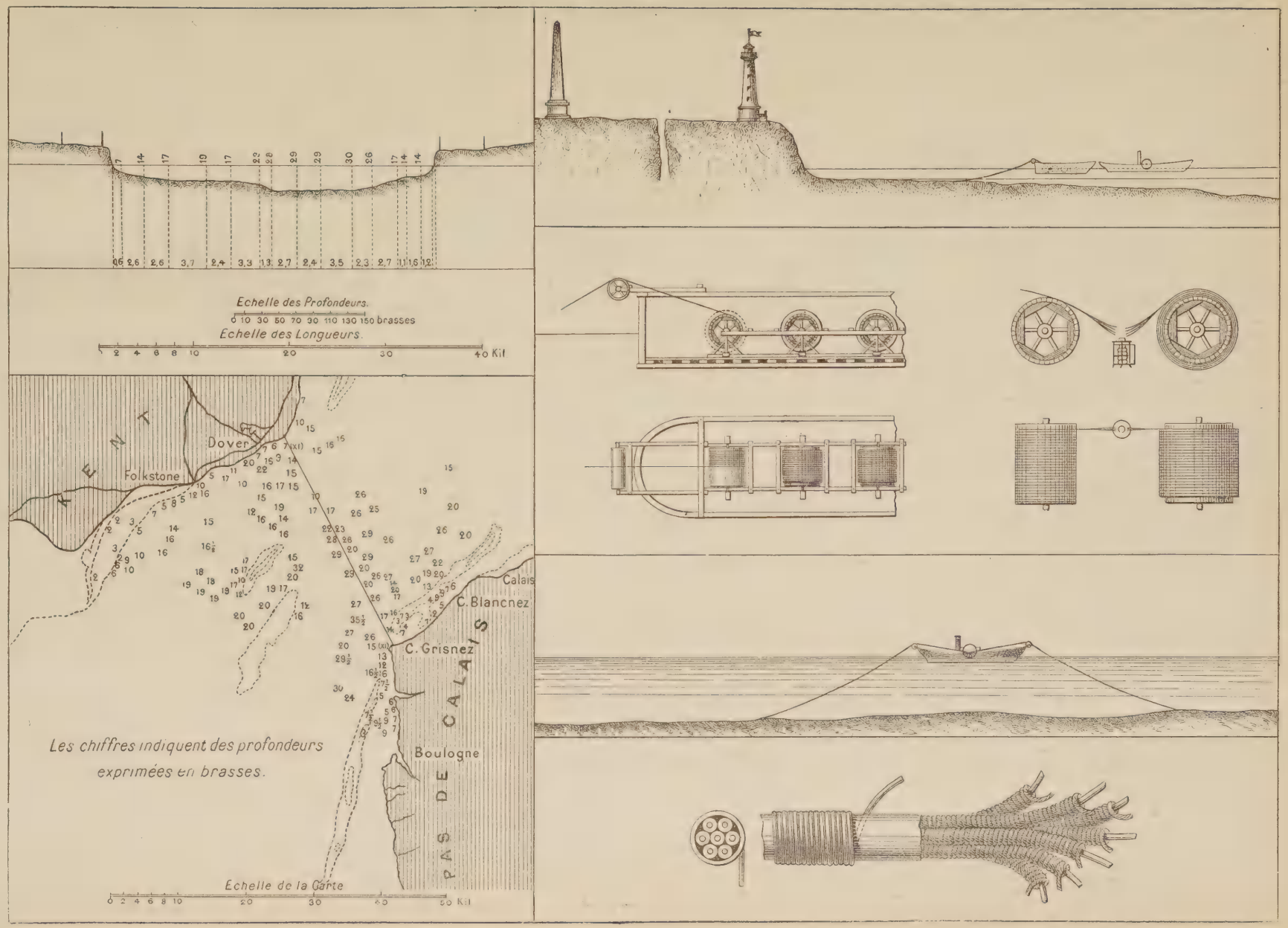
Deux essais d'immersion de fils isolés à la gutta-percha eurent lieu dans des pays différents dans le courant de l'année 1848. L'un fut fait en Amérique, dans la rivière d'Hudson, par Armstrong qui, encouragé par ce premier succès, proposa sans tarder, dans le *Journal du Commerce de New-York* de poser un câble semblable au fond de l'Océan Atlantique; le second eut lieu par les soins du Dr Werner Siemens, dans le port de Kiel, pour l'inflammation de torpilles sous-marines.

Le 10 janvier 1849, enfin, M. Walker immergea un câble recouvert de gutta-percha, de deux milles de longueur, dans la Manche, à partir de la plage de Folkestone : le câble fut relié à une ligne aérienne de 83 milles de longueur qui suivait le chemin de fer du South-Eastern, et M. Walker qui se trouvait en mer, à bord du bateau la *Princesse Clémentine*, put échanger des dépêches avec Londres.

Dès l'année 1847, cependant, M. John W. Brett avait obtenu du gouvernement français un privilège pour l'établissement d'un télégraphe sous-marin entre la France et l'Angleterre. La convention n'ayant reçu aucun commencement même d'exécution dans les délais qui avaient été stipulés, se trouva annulée; mais elle fut renouvelée le 10 août 1849 pour une période de dix ans, sous la condition que la communication serait établie au plus tard le 1er septembre 1850. Une compagnie se constitua sous le nom de *Compagnie du télégraphe sous-marin de la Manche* et fit fabriquer vingt-cinq milles marins d'un câble composé d'un conducteur central en cuivre de 2 millimètres de diamètre recouvert de gutta-percha de 12,5 m. m. de diamètre [1]. La gutta-percha était appliquée en une seule couche sur des fils non recuits de 100 yards [2] de longueur. On réunissait ensemble ces diverses pièces en tordant les bouts des fils de cuivre l'un autour de l'autre et soudant à l'étain la torsade; par dessus on appliquait la gutta-percha rendue plastique en la chauffant à une température convenable et on la comprimait dans un moule en bois. Les jonctions avaient en-

[1] *A resumee of the earliest days of submarine telegraphy*, par M. Willoughby Smith, London 1881.

[2] Le yard vaut 0,914 mètre.


Echelle des Profondeurs.
0 10 30 50 70 90 110 130 150 brasses
Echelle des Longueurs.
0 2 4 6 8 10 20 30 40 Kil
Dover
Folkstone
Calais
C. Blancnez
C. Grisnez
Boulogne
PAS DE CALAIS
Les chiffres indiquent des profondeurs exprimées en brasses.
Echelle de la Carte
0 2 4 6 8 10 20 30 40 50 Kil

viron 5 centimètres de diamètre. Les glaînes ainsi formées, de longueurs facilement transportables, étaient simplement plongées dans de l'eau et essayées avec une pile à sable de vingt-quatre éléments : si l'on n'observait à un galvanomètre assez grossier aucune déviation sérieuse, la glaîne était reçue, envoyée à bord et soudée à la partie déjà fabriquée du câble, laquelle était enroulée sur un grand tambour en fer. Ce tambour mobile autour d'un axe horizontal était placé sur le pont du *Goliath*, grand chaland du port de Douvres. Le nombre et les dimensions des joints ne permettant pas un lovage régulier du câble sur le tambour, on remplissait les vides avec de la bourre de coton : de petites lattes en bois, placées suivant des rayons du tambour, séparaient les différentes couches de câble les unes des autres.

On immergea d'abord le câble d'atterrissement, à partir de la côte anglaise, jusqu'à l'extrémité d'une estacade établie dans le nouveau port de Douvres, et à partir de la côte française, jusqu'au delà du banc de roches qui s'étend assez loin dans la mer, en avant du cap Gris Nez. Ce câble d'atterrissement se composait d'un conducteur en cuivre de 1,6 millim. de diamètre recouvert de coton imprégné d'une solution de caoutchouc; le tout était enfermé dans un tuyau en plomb très épais.

Le 23 août 1850, au jour, le *Goliath* remorqué par un petit navire à vapeur et escorté par le *Widgeon*, navire de guerre qui devait indiquer la route, quitta le port de Douvres : l'extrémité du câble d'atterrissement ayant été relevée dans une embarcation et soudée au câble principal, le déroulement de celui-ci commença. Tous les cent mètres, un poids en plomb, de sept à onze kilogrammes, suivant la nature et la profondeur du fond, fut attaché au cable ; ces poids étaient faits de deux pièces reliées par des goujons que l'on ne pouvait mettre en place qu'en stoppant chaque fois le navire. Le temps était beau et le déroulement ne donna lieu qu'à quelques incidents, sans gravité d'ailleurs, dus à des lattes qui s'étaient soulevées inopportunément et avaient laissé échapper à la fois plusieurs loves de câble. Le *Goliath* jeta l'ancre à six heures du soir, à côté de la bouée qui marquait l'extrémité du câble d'atterrissement, près de la côte française : avant de le souder au câble principal, on essaya à bord de correspondre avec Douvres, à l'aide d'un appareil imprimeur de House, modifié par M. Brett, qui devait donner, imprimées en caractères romains, soixante dépêches de quinze mots à l'heure. Quelques lettres apparurent en effet, çà et là sur la bande de papier, mais sans former une suite de mots intelligible. La nuit approchant, on suspendit ces expériences et on fit dans une embarcation, la soudure des deux bouts de câble. Un appareil à aiguilles du système Cooke et Wheatstone fut mis en communication avec la ligne, dans les bâtiments du phare du cap Gris Nez et pendant plusieurs heures on attendit avec anxiété, mais en vain, l'arrivée de signaux de Douvres. La situation ne s'étant pas modifiée le lendemain, il devint manifeste que le câble était rompu : on chercha à le relever aux environs de l'épissure finale, mais le poids de la gaîne de plomb rendit toutes ces tentatives infructueuses, et la ligne dut être abandonnée.

L'œuvre tentée par MM. Brett, Read, Willoughby Smith et F.-C. Webb pour faciliter les relations de leur pays avec le continent, n'était cependant pas entièrement perdue : la possibilité de l'immersion d'un câble dans la Manche et du passage des signaux électriques était pratiquement démontrée. Il ne restait qu'à trouver des moyens satisfaisants pour protéger le fil conducteur et son enveloppe isolante durant et après son immersion. Le problème, une fois nettement posé, devait être résolu rapidement.

Le 19 décembre 1850, M. John Brett obtint du gouvernement français, aux mêmes conditions que précédemment, une nouvelle concession de dix ans, courant du 1er octobre 1851, et valable seulement, si, à cette date, la ligne sous-marine était en état de fonctionner. Mais l'insuccès du mois d'août précédent avait rendu les capitaux plus défiants et sept semaines avant l'expiration du délai fixé par l'acte de concession, les fonds nécessaires à l'exécution des travaux n'étaient pas encore souscrits. L'entreprise fut sauvée grâce à l'énergie et aux talents d'un homme, M. Crampton, dont le nom mérite d'être conservé dans l'histoire des premiers temps de la télégraphie sous-marine. M. Crampton réunit le capital nécessaire (375,000 francs dont il avança personnellement la moitié), arrêta le type du câble à immerger, type dont les grandes lignes n'ont plus varié depuis lors, fit construire ce câble dans les usines de MM. Newall et Cie, et le 25 septembre 1851 le posa avec succès au fond de la Manche.

Le câble (fig. 3) se composait de quatre fils en cuivre de 1,65 millim. de diamètre, recouverts chacun de deux couches de gutta-percha de 6,2 millim. de diamètre; les quatre conducteurs ainsi isolés étaient tordus l'un autour de l'autre, des fils de chanvre goudronné remplissant les vides que laissaient entre elles les quatre âmes; par dessus était enroulée à angle droit, une cordelette de bitord goudronné. Le tout était recouvert de dix fils de fer galvanisés de 7 millimètres de diamètre enroulés en hélice à long pas. L'armature en fer était destinée à protéger les fils

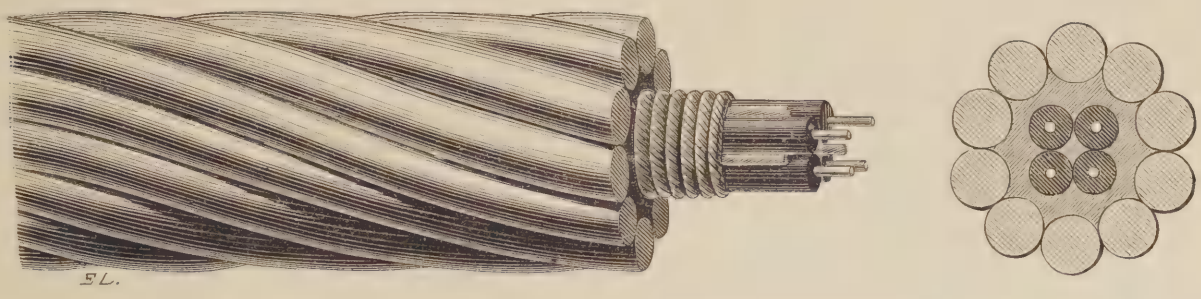


Fig. 3

conducteurs contre les chocs et les frottements qui avaient amené la destruction si rapide du câble de l'année précédente.

Ce câble pesait environ sept tonnes par mille : il fut embarqué sur un ponton appartenant au gouvernement anglais, le *Blazer*, qui fut remorqué par deux navires à vapeur. Un troisième remorqueur servant de rechange et un navire de guerre chargé de donner la route accompagnaient l'expédition.

L'immersion eut lieu entre les caps Southerland et Sangate, mais ne fut pas favorisée par le temps comme précédemment; le câble entraîné par son poids au fond de la mer dont la profondeur ne dépasse cependant pas quarante brasses dans ces parages, se déroulait assez rapidement; d'un autre côté, les remorqueurs, dérivés par le vent et les courants et retenus à l'arrière par le câble, ne purent se diriger en ligne droite vers le cap Sangate; aussi les navires arrivèrent à un

Fig. 4

mille des côtes de France n'ayant plus de câble à bord. On compléta provisoirement la communication à l'aide de trois fils recouverts seulement de gutta-percha et tordus ensemble; ce bout de ligne fut remplacé le 19 octobre suivant par du câble semblable à celui qui avait été immergé par le *Blazer*, et le 13 novembre, la ligne fut ouverte au public.

Ce câble qui a subi de nombreuses et importantes réparations, n'a jamais été intégralement renouvelé. La figure 4 en représente un morceau relevé en 1859 après huit années de séjour dans l'eau; les fils de fer de l'armature étaient déjà partiellement rongés, mais aujourd'hui même, on retrouve la gutta-percha en parfait état de conservation encore.

Le succès obtenu par le câble de M. Crampton donna subitement un essor considérable à la télé-

graphie sous-marine : de tous côtés surgirent des entreprises analogues, mais bien des désastres devaient se produire avant que ces opérations pûssent être considérées comme entrées dans le domaine courant de l'industrie.

Trois tentatives infructueuses furent notamment faites, dès l'année suivante, pour mettre l'Irlande en communication avec l'Angleterre. La première eut lieu entre Holyhead et Howth; on employa un câble du modèle de celui de Douvres; mais ce câble était si mal isolé, faute d'avoir été essayé sous l'eau, qu'il ne put laisser passer les signaux et tous les efforts faits pour le relever et le réparer restèrent sans résultat.

La deuxième tentative eut lieu entre Portpatrick et Donaghadee; le câble se composait d'un

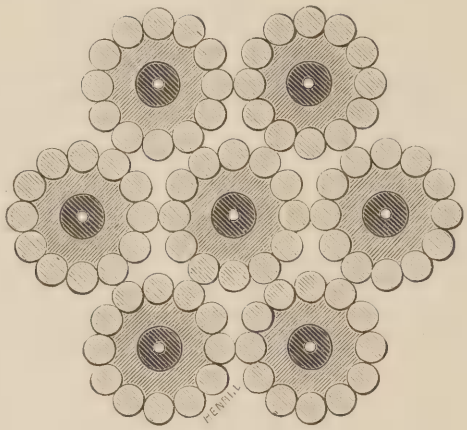


Fig. 5

conducteur central en cuivre recouvert d'abord de caoutchouc, puis de gutta-percha, enfin de chanvre. Des courants très rapides entraînèrent hors de leur route les navires chargés de l'immersion et l'opération fut abandonnée.

La troisième tentative eut lieu entre les deux mêmes points, avec un câble construit sur le type de celui de Douvres. Un temps défavorable joint à des moyens insuffisants pour arrêter ou ralentir le déroulement d'un câble aussi lourd augmentèrent la dépense de câble au delà des prévisions des ingénieurs et on ne put atteindre la terre.

On peut présumer l'avenir qui eût été réservé à la télégraphie sous-marine, si ces trois échecs avaient précédé l'établissement de la ligne de Douvres à Calais.

En 1853, un gros câble à plusieurs conducteurs fut néanmoins posé avec succès entre Portpatrick et Donaghadec. Sept petits câbles (fig. 5), réunis en faisceaux aux atterrissements seulement, relièrent l'Angleterre et la Hollande, et un gros câble multiple fut immergé entre Douvres et Ostende. Les années suivantes, la Suède fut mise en communication avec le Danemark, la Corse avec l'Italie et la Sardaigne et celle-ci avec l'Afrique, et enfin l'Irlande avec l'Amérique.

Parmi toutes ces nombreuses communications, nous n'étudierons plus que celles qui, par l'importance des résultats obtenus, ou la grandeur des difficultés vaincues, ont marqué une étape dans l'histoire de la science.

Câbles de la Spezzia à la Corse et de la Sardaigne à Bône

Ces câbles, en y ajoutant une petite ligne sous-

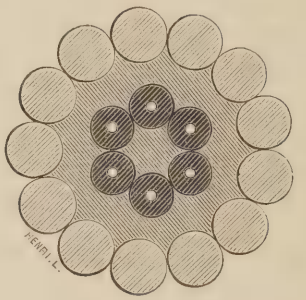


Fig. 6

marine entre la Corse et la Sardaigne, et des lignes aériennes construites dans les deux îles, devaient constituer une communication entre la France et l'Algérie. Le câble de la Spezzia et celui de Bonifacio (fig. 6) comprenaient six fils conducteurs et étaient recouverts d'une armature de treize fils de fer de 8 millimètres de diamètre; leur poids était de neuf tonnes par mille. Les fonds atteignant près de cinq cents brasses entre la Corse et Gênes, M. Brett plaça à la suite l'un de l'autre deux tambours (fig. 7), munis de doubles rebords, sur chacun desquels il enroula cinq tours de câble. Il créa ainsi une sorte de frein qui lui permit de poser sans difficulté les deux premiers câbles dans le courant de l'année 1854.

Une tentative fut faite, peu après, pour immerger un câble semblable entre Cagliari et Bône. Mais entre ces deux points, on rencontre des profondeurs de seize à dix huit-cents brasses: aussi, le câble, dont on ne pouvait modérer le déroule-

ment, fila avec une grande vitesse. La marche du *Tartare*, petit navire à vapeur qui remorquait le bâtiment porteur du câble, n'ayant pu, d'un autre côté, être augmentée, on reconnut bientôt l'impossibilité d'atteindre les côtes de Sardaigne avec la longueur de câble restant à bord. L'opération avait été suspendue, comme d'habitude, durant

Fig. 7

la nuit, et l'on délibérait sur le parti à prendre, lorsque le câble, qui passait par un trou d'écubier où il se trouvait replié brusquement à angle droit sans interposition d'aucun matelas protecteur, fatigué par le tangage du navire, se rompit subitement.

L'*Elba*, dirigée par M. F.-C. Webb, parvint à relever, à partir de Bône, environ soixante milles de ce câble.

La possibilité de relever et de réparer les câbles immergés dans des eaux profondes était ainsi, pour la première fois, pratiquement démontrée.

Dans une seconde tentative, l'expédition, partie du cap Spartivento, devait se diriger vers l'île de Galite, suivant une route le long de laquelle des sondages préalables avaient fait reconnaitre des profondeurs moindres. Mais elle dévia fortuitement de cette route, durant la nuit, en dépen-

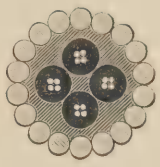


Fig. 8

sant inutilement du câble et arriva devant l'île de Galite, sur des fonds de quatre cents brasses, ne pouvant atterrir, faute de câble. Le bout venant de la mer fut tourné tout autour du navire, solidement bossé, et un bâtiment se rendit immédiatement à Bône pour y chercher une bouée ; on demanda en même temps télégraphiquement à Londres, par la voie du câble même, le supplément nécessaire pour gagner le rivage. Mais au bout de cinq jours, le câble, usé sur les pointes de rochers qui le supportaient, par les mouvements incessants de tangage du navire, se brisa.

M. Brett ayant renoncé à poursuivre cette opération, M. Newall la reprit et fabriqua un câble à quatre conducteurs seulement, chaque conducteur se composant d'une cordelette de quatre brins de cuivre tordus ensemble, recouverte séparément de deux couches de gutta-percha. Le faisceau des quatre conducteurs était entouré d'un matelas de chanvre qui était lui-même recouvert de dix-huit fils de fer de 3 millim. de diamètre, pour le câble destiné à être immergé dans les grands fonds, (fig. 8), et de douze fils de fer galvanisés de 5 millim., (fig. 9) pour les portions qui devaient être placées aux abords des côtes. Le poids du câble de grands fonds était de 1 tonne 85, celui du câble d'atterrissement de 3 tonnes.

Le câble était enroulé, sous le pont, dans une cuve cylindrique en fer dont l'axe était occupé par une sorte de tronc de cône entièrement libre

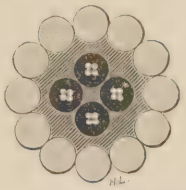


Fig. 9

à sa partie supérieure. Quatre cercles en fer maintenus par des cordes dans des plans parallèles aux couches de câble, forçaient celui-ci à se dérouler dans une position horizontale et empêchaient les coques de se produire. Les deux cercles inférieurs étaient abaissés au fur et à mesure que la hauteur du cylindre de câble diminuait par le déroulement : le dernier se trouvait ainsi toujours à une faible distance du câble et ne permettait aux grandes spires extrêmes de se soulever que partiellement et successivement. En sortant des cercles en fer, (fig. 10) le câble passait dans un anneau horizontal dont le centre se trouvait sur le prolongement de l'axe du cône, remontait verticalement pour s'engager dans la gorge d'une pièce en fonte A placée sur la dunette et suivait une gouttière triangulaire en fer soutenue par des chevalets : des planchettes en bois placées sur la gouttière devaient empêcher le câble de s'en échapper, dans le cas où le déroulement viendrait à s'accélérer.

Le câble passait ensuite dans le vide formé par

deux roues à gorge superposées M, glissait entre deux pièces en bois N, recouvertes de tôle et liées par une charnière; un bras de levier adapté à la pièce supérieure permettait de rapprocher les deux pièces de bois l'une de l'autre et par suite, de serrer plus ou moins le câble qui se trouvait pincé comme entre les mâchoires d'un étau.

De là, le câble s'engageait dans une gorge conique C qui le forçait à s'appuyer sur le bord extérieur du grand tambour sur lequel il s'enroulait sept fois: un couteau en fer J, fixé aux montants, empêchait la superposition des tours.

Au sortir de ce tambour, le câble passait dans la gorge d'une roue en fonte placée à l'arrière du navire et tombait à la mer.

Le frein destiné à modérer la vitesse de déroulement du câble se composait d'une forte bande en tôle de 0 m. 10 de largeur qui enveloppait toute la circonférence du tambour: un bras en fer qui communiquait le mouvement à un levier coudé, permettait de serrer plus ou moins vigoureusement la bande de tôle contre le tambour.

Au dernier moment, d'après les conseils du docteur Werner Siemens, on installa entre le tambour et l'arrière du navire un dynamomètre composé d'une poulie à gorge qui reposait sur le

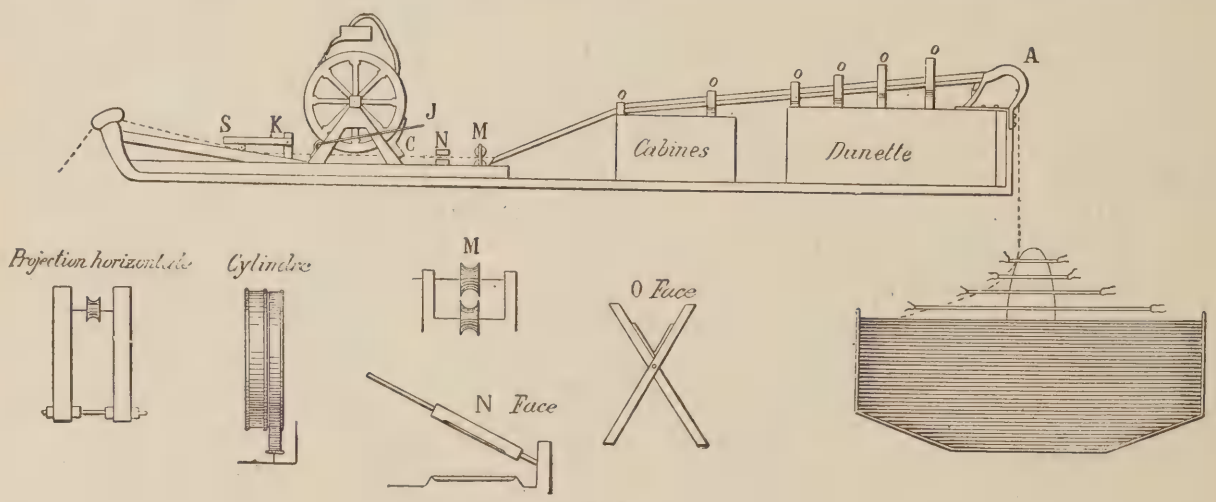


Fig. 10

câble et dont l'axe était soutenu par deux pièces de bois, mobiles elles-mêmes, autour d'un axe K. Le câble fléchissant sous le poids de la poulie, on pouvait, par un calcul facile, déduire sa tension de la flèche que l'on observait.

Une caisse à eau, alimentée par une pompe, était placée au-dessus du tambour, et arrosait constamment le câble pour l'empêcher de s'échauffer par le frottement.

Le 7 septembre 1857, une tranchée de 1 mètre de profondeur ayant été creusée au pied du fort Génois (fig. 11), le câble fut amené à terre, solidement attaché à deux poteaux placés dans le fond de cette tranchée et relié à deux fils télégraphiques aériens qui se rendaient au fort même. A 8 h. 1/2 du soir, l'*Elba* remorquée par le *Mozambano* et escortée par deux navires de guerre français, partait du cap de Garde, près Bône, en déroulant le câble. Des ruptures de fils de fer de l'enveloppe se produisirent à diverses reprises: ces fils, en se rebroussant, formaient très rapidement autour du câble une sorte d'écheveau métallique qui passait difficilement dans la machinerie; une fois même le déroulement fut subitement arrêté ainsi, et le câble se fût certainement brisé net, si le navire eût été lancé à ce moment avec une vitesse un peu considérable.

La dépense de câble, à la traversée des grandes profondeurs, ayant été supérieure de plus d'un tiers au chemin parcouru, on se décida à changer de route pour gagner le cap Teulada et on porta la vitesse du navire à six nœuds. On était néanmoins encore à douze milles de terre lorsque tout le câble se trouva déroulé (fig. 12), mais la profondeur de la mer n'étant, en ce point, que de quatre-vingts brasses, on souda, le lendemain, au gros câble, un petit câble à un fil, qui lui-même se brisa à deux milles de la côte.

Dans le courant du mois d'octobre suivant, l'extrémité du gros câble fut relevée et on y souda un nouveau câble du même modèle que l'on conduisit jusqu'à terre.

Des appareils avaient été disposés à bord de l'*Elba* pour vérifier, en permanence, durant l'immersion, la continuité du câble. M. Siemens mesura aussi approximativement le retard qu'éprouvait le courant pour se propager d'une extrémité de la ligne à l'autre (1/4 de seconde du cap de Spartivento à Bône) et les effets d'induction d'un fil sur les voisins : ces effets disparaissaient en

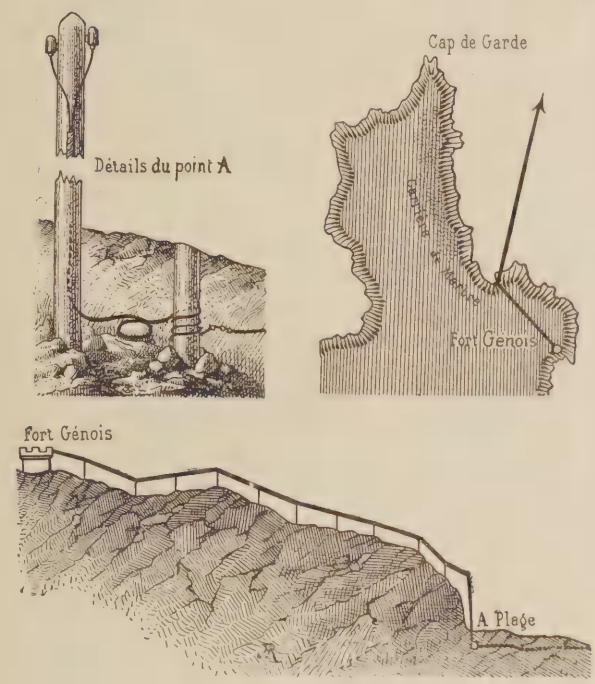


Fig. 11

employant un deuxième fil comme fil de retour.

La communication ne fut jamais bonne que par deux conducteurs qui manquèrent eux-mêmes au bout de deux ans. En 1860, M. Fl. Jenkin releva tant du côté de l'Afrique que de celui de la Sardaigne, 57 milles de câble environ, dont une partie était couverte de coques provenant du mou exagéré que l'on avait laissé filer durant l'immersion ; il ne put arriver jusqu'à la faute et l'opération dut être abandonnée.

Câble de la mer Noire

Après l'immersion du câble de la Spezzia, en 1855, un câble léger, composé seulement d'un conducteur central en cuivre et d'une enveloppe en gutta-percha de 6,1 millim. de diamètre, fut immergé dans la mer Noire, entre Varna et Balaklava (Crimée) : aux abords des côtes, sur une longueur de dix milles environ, à chaque atterrissement, le câble était recouvert d'une armature

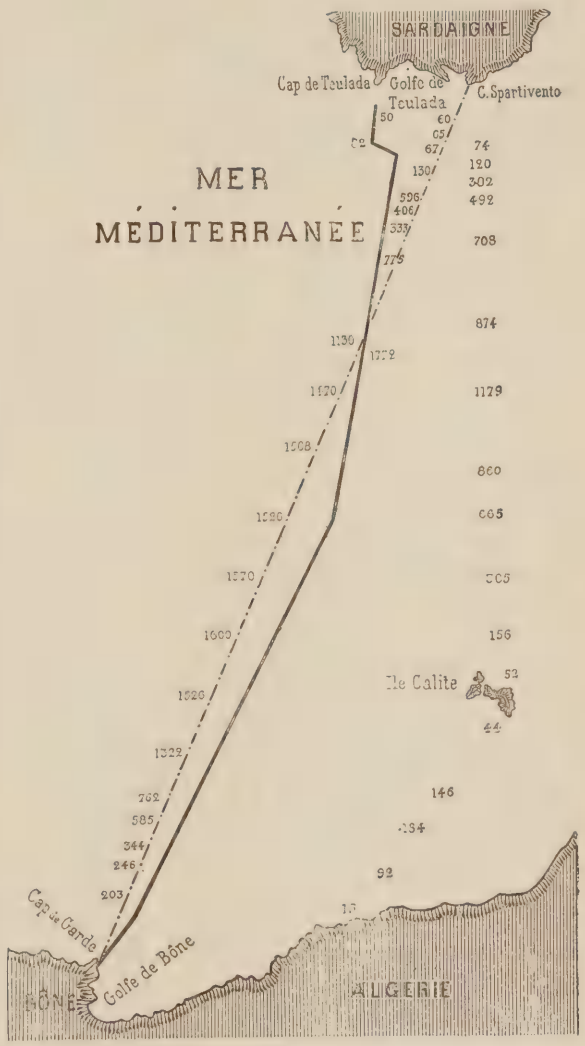


Fig. 12

métallique. C'est en vue de l'immersion de ce câble que M. Newal fit installer dans la cuve du navire qui devait servir au déroulement, le cône central et les cercles guides qui ont été décrits plus haut. Le câble dont la longueur était de 300 milles, avait été posé avec très peu de mou : la communication fut interrompue au bout de dix mois, après la prise de Sébastopol, et on ne chercha pas à la rétablir.

Câbles de Cagliari à Malte et de Malte à Corfou

Ces câbles de 500 milles de longueur chacun, immergés en 1857, ne durèrent que fort peu de temps. La section de Cagliari à Malte, réparée une première fois, en 1859, dans le voisinage de la Sicile, vint à manquer six semaines après dans les mêmes parages : de nouvelles tentatives furent faites pour la réparer, mais au bout de cinq mois on abandonna l'opération. L'inégalité brusque des fonds avait fait attribuer les deux ruptures du câble à une action volcanique : mais il est plus probable qu'elles furent simplement dues à des bateaux de pêche.

La section de Malte à Corfou fut mise hors de service en 1861 durant un violent orage, bien qu'elle fût protégée par des paratonnerres. On constata un isolement du câble, c'est-à-dire une rupture du conducteur sans perte à la terre, par conséquent sans brisure du câble. La faute parut se trouver à une vingtaine de milles environ de Corfou. Quelques parties du câble furent relevées et trouvées en bon état de conservation.

(A suivre)

WUNSCHENDORF

OUTILS ÉLECTRIQUES

DE M. ROWAN

Pour le travail des grandes pièces métalliques qui sont trop volumineuses pour pouvoir être transportées facilement et placées à portée des machines-outils, le travail manuel de l'ouvrier est encore employé presque exclusivement ; par exemple, dans l'assemblage des poutres d'un pont, le revêtage et calfatage des tôles formant la carène des navires, etc..

Différents essais ont été faits pour créer des machines-outils facilement transportables pour ces travaux. Comme force motrice on employa la vapeur et l'eau, la première pour les riveuses à percussion et la deuxième pour les riveuses hydrauliques à pression ; les unes et les autres ont donné de bons résultats, mais il est évident qu'aucun agent physique ne se prête comme l'électricité à ce genre de transmission, dans laquelle la distance et la position relative des organes récepteurs et transmetteurs change tout le temps.

M. Rowan, de Glasgow, a breveté ses machines outils électriques, il y a plus de 3 ans (Voir *La*

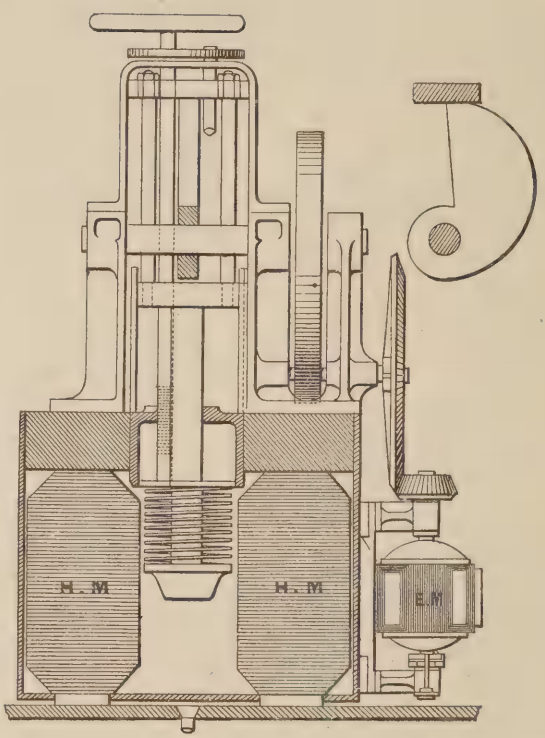


Fig. 1

Lumière Électrique, vol. XIII page 289). Depuis ce temps, ces machines-outils se sont développées sous la main de leur inventeur et ont été em-

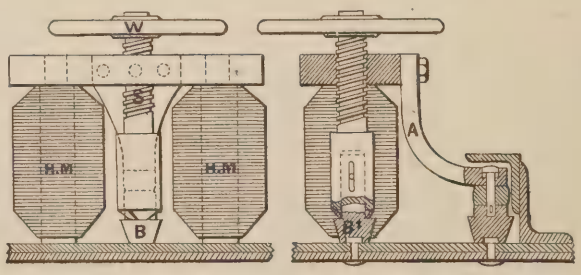


Fig. 2

ployées dans les chantiers pour constructions navales de M. Macmillian à Dumbarton ; les journaux anglais nous rapportent des renseignements suffisants à ce sujet pour que nous croyons intéressant d'y revenir.

L'électricité est employée d'une double ma-

nière dans ces machines ; d'abord comme force motrice au moyen d'un électro-moteur fixé à la machine, ensuite pour fixer la machine au flanc du bateau au moyen de forts électro-aimants désignés par les lettres H M dans les figures.

La figure 1 représente une riveuse; H M sont les deux électro-aimants, E M l'électro-moteur actionnant au moyen d'engrenages un arbre à came.

La came représentée de face et de côté dans la figure soulève en tournant la masse de fer H contre la pression antagoniste d'un fort ressort en spirale S S ; la came continuant à tourner, la masse de fer échappe et vient frapper sous la pression du ressort sur la tête du rivet. De l'autre côté de la tôle se trouve un autre électro-aimant H M.

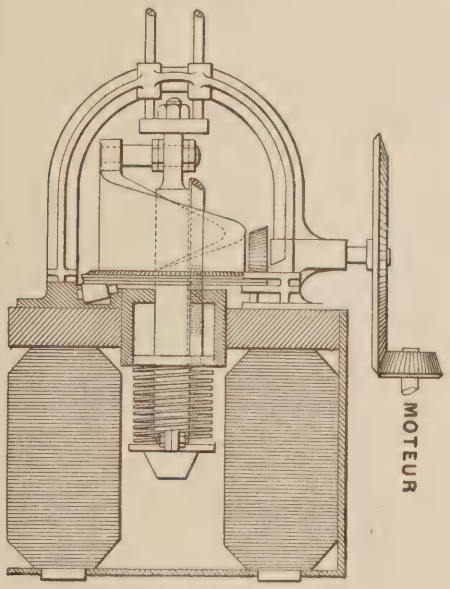


Fig. 3

H M. (fig. 2) portant une autre masse métallique B qu'on peut appuyer au moyen de la tige filetée S et du volant W contre l'autre tête de rivet et lui donner ainsi un appui ; la pression de la tige filetée S est transmise à la masse B au moyen d'un fort ressort, ce qui permet de compenser le jeu qui se produirait par l'aplatissement de la tête de rivet sous les coups de la riveuse.

Une autre masse de fer B_1 fixée aux mêmes aimants au moyen d'un bras recourbé C, permet de donner un point d'appui aux têtes de rivets, même dans des endroits plus resserrés et moins accessibles, comme par exemple, dans les angles et sous des cornières (voir fig. 3).

La figure 3 est une riveuse semblable, mais munie d'une came en hélice au lieu de la came en spirale représentée sur la figure 1.

Les expériences entreprises avec cette riveuse, à Dumbarton, n'ont pas été concluantes, le ressort produisant le choc ayant été trouvé trop faible pour les rivets employés; mais cette difficulté ne paraît pas insurmontable et n'empêchera pas le développement du système.

Les perceuses ont, par contre, très bien fonctionné, travaillant dix fois plus vite que les ouvriers

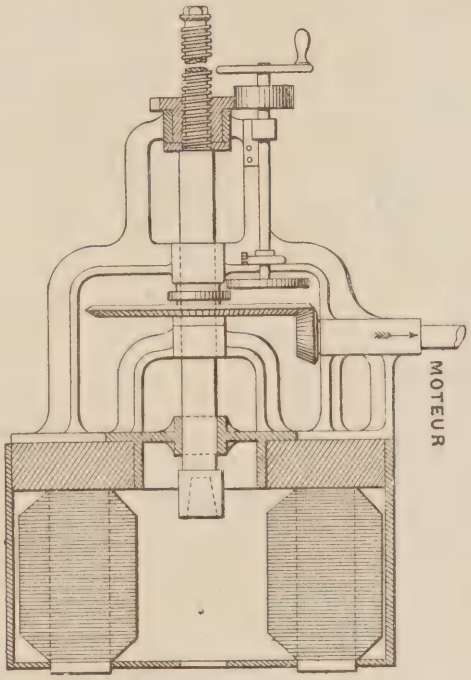


Fig. 4

ne pouvaient le faire à la main. La figure 4 représente une de ces perceuses.

Les figures 5, 6 et 7 représentent les outils employés pour mater les joints des tôles. Une pointe dure C vient frapper sur le joint; la pointe peut être soulevée au moyen d'une came L, comme dans la riveuse, et renvoyée par un ressort antagoniste, ou bien elle peut être actionnée électriquement au moyen d'un solénoïde S ; la figure 5 montre les deux modes de fonctionnement

L'avantage principal de ces outils électromagnétiques est leur mobilité et la facilité de leur fixage à l'endroit ou le travail doit s'accomplir au

moyen des électro-aimants H M. En effet, une fois l'outil en place, il travaillera certainement plus vite qu'un ouvrier, mais encore ne faut-il pas que l'on perde en le transportant et en l'ajustant

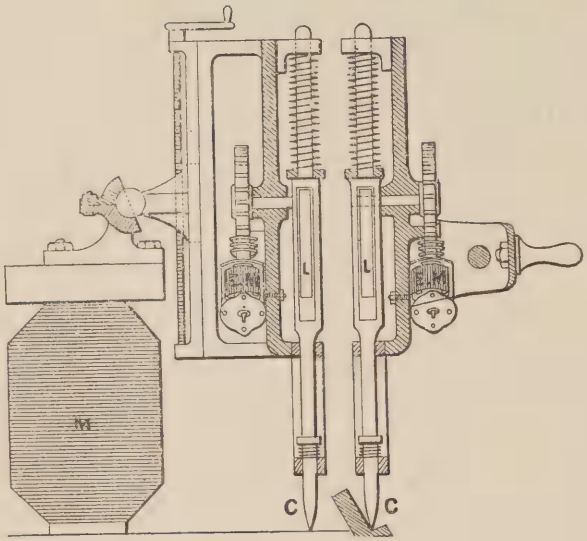


Fig. 5

à l'endroit où il doit travailler, le temps que l'on gagne en accomplissant le travail lui-même.

Cette question est une de celles qui ont été le plus étudiées par l'inventeur.

Le long des parois verticales, l'outil suspendu

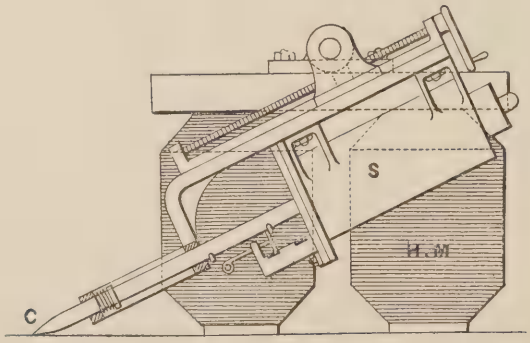


Fig. 7

au moyen de chaînes peut être facilement déplacé à la main et mis en regard de la place à travailler; une fois là il suffit de lancer le courant dans les électro-aimants, HM pour l'y fixer solidement.

Le long des parois inclinées sous la carène, on emploie des cadres et supports spéciaux, fixés contre la paroi au moyen de forts aimants ou au moyen de boulons.

La figure 9 montre un de ces cadres, fixés par les quatre angles à la carène, soit au moyen des électro-aimants HM comme c'est montré à gauche, soit au moyen de pièces boulonnées AB et A B

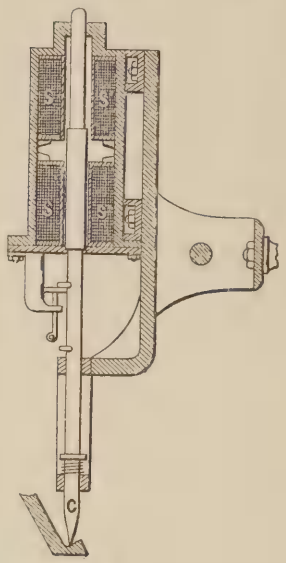


Fig. 6

comme c'est indiqué à droite. M est la machine outil pouvant se déplacer le long des bras rigides *p* du cadre, et le cadre entier se déplace dans le

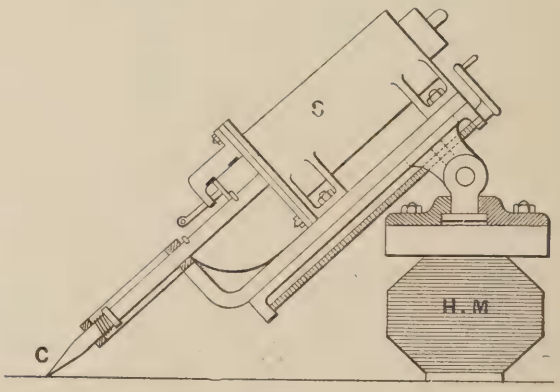


Fig. 8

sens perpendiculaire en tournant les manivelles commandant les tiges filetées S.

Au moyen de ces mouvements, la machine M peut être déplacée dans un sens quelconque et amenée au point où elle doit travailler.

La figure 10 représente une perceuse pouvant se déplacer le long du cadre MF, auquel elle est fixée; la commande du mouvement de rotation de la

mêche se fait au moyen d'une vis sans fin O, permettant ces déplacements.

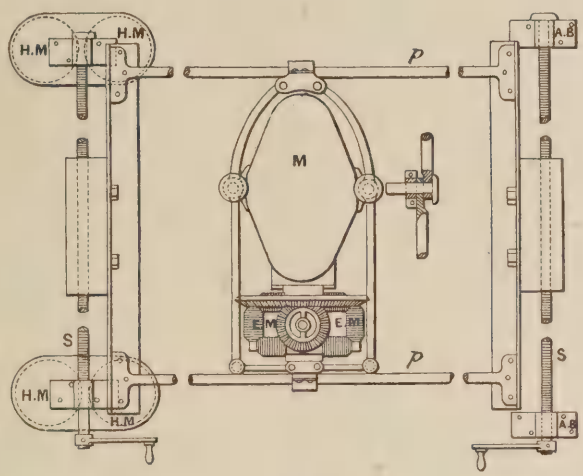


Fig. 9

Les machines-outils de M. Rowan comme du reste les machines transportables hydrauliques et

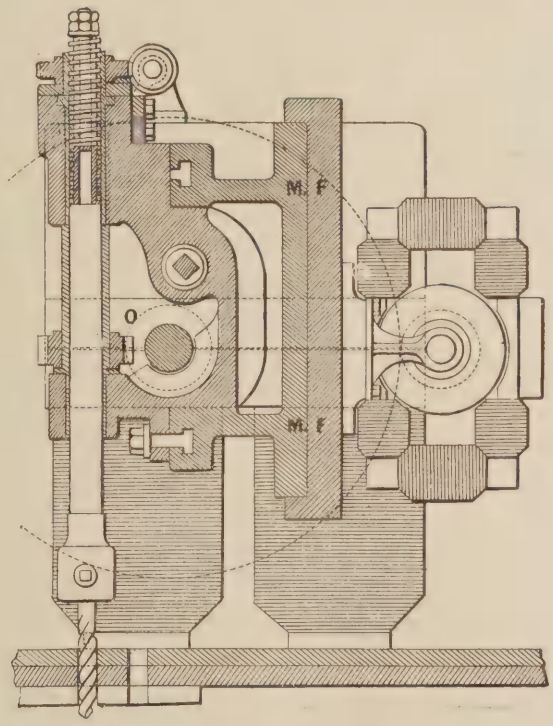


Fig. 10

à vapeur, en travaillant pour ainsi dire sur place, ont un avantage qu'il est important de relever; on peut monter la carène entière d'un navire en assemblant les tôles au moyen de boulons et de quelques trous percés à l'avance, puis percer tous les autres, les tôles une fois placées ; de cette manière les trous correspondants étant percés en même temps, se trouvent bien en face, résultat auquel il n'est pas facile d'arriver en perçant les tôles d'avance. D'un autre côté, le perçage des trous bien que très préférable, au point de vue de la solidité des tôles, au poinçonnage employé couramment, reviendra toujours plus cher.

Il faut espérer que les avantages combinés de la précision et de la solidité, finiront par l'emporter et répandront l'emploi des outils semblables à ceux que nous venons de décrire sommairement.

W.-C. Rechniewski.

COMMENT L'ON PEUT AVOIR DE

L'ÉLECTRICITÉ NÉGATIVE

LORS DE LA CHUTE DE LA PLUIE

SUR LE LIEU DES OBSERVATIONS (1)

Traduit de l'Italien par P. Marcillac

L'électricité atmosphérique qui, par un ciel pur, de même que par un ciel nuageux, est toujours positive, devient négative lorsqu'à une certaine distance de l'observateur, il y a chute de pluie, grêle ou neige, car (ainsi que je l'ai dit ailleurs) dans la région où il pleut, il y a une forte électricité positive et cette région est entourée d'une zône négative à laquelle en succède une autre, positive, dont l'intensité notable va lentement en décroissant suivant l'éloignement de la région pluvieuse.

Cette loi que je formulai et qui me valut un éloge tout particulier de Faraday, semblait être en contradiction avec ce fait que, là où la pluie tombe, il y a parfois de l'électricité négative ; Adolphe Quetelet avait même cru pouvoir en conclure qu'il existait des nuages chargés d'électricité positive, pour lesquels la loi que j'avais énoncée se vérifiait, et des nuages chargés d'élec-

(1) *Académie des Sciences* de Naples.

tricité négative pour lesquels il fallait appliquer cette loi en sens inverse.

Ayant remarqué plusieurs fois la présence de l'électricité négative tandis qu'il pleuvait au point d'observation, j'avais interprêté ce résultat comme la conséquence d'une pluie plus forte tombant à une certaine distance ; le point d'observation se trouvait alors compris dans la zône négative et l'électricité observée, l'emportant sur la positive du lieu, se faisait sentir au point où la pluie tombait moins abondamment.

Non-seulement cette interprétation était rationnelle, mais plusieurs fois j'avais réussi à la justifier par des observations que j'enregistrais soigneusement dans nos *Comptes Rendus*.

Lors donc qu'un observateur au-dessus duquel il pleut, obtient de l'électricité négative, il peut être certain qu'à une certaine distance, susceptible du reste d'atteindre plusieurs kilomètres, il tombe une pluie beaucoup plus abondante.

Je citerai même un nouveau fait qui vient confirmer mon appréciation.

Dans la matinée du 8 mai dernier, vers 7 h. 1/2, me trouvant à l'observatoire de l'Université, je vis tomber une pluie modérée. Les indications électriques de l'appareil, qui devinrent très appréciables, étaient de signe positif; mais 10 minutes après, environ, elles devinrent, presque subitement, négatives, quoique la pluie tombât plus abondamment.

J'examinai l'horizon et vis, vers le N. E, un nuage qui se résolvait en pluie.

Dix autres minutes plus tard, la pluie locale cessa complètement et l'électricité resta négative et même plus intense ; donc, cette électricité négative était indépendante de la pluie locale qui avait cessé.

A la disparition de ce nuge, la tension redevint positive, avec une intensité modérée. Le plus souvent, les nuages qui se résolvent en pluie sont d'une couleur cendrée sombre, et quand ils s'approchent de l'endroit où l'on observe, induisent de l'électricité négative, ce qui conduisit Peltier à croire que l'on pouvait reconnaître l'état électrique des nuages d'après leur coloration.

Il s'est produit bien souvent ceci : il pleuvait à Naples et, tandis qu'à l'observatoire météorologique il y avait une très forte tension positive, le télégraphe de la station du Vésuve, où la pluie n'était pas encore parvenue, annonçait une forte tension négative ; plus tard, la pluie ayant atteint le Vésuve et cessant de tomber sur Naples, il se manifestait sur la ville une forte tension négative et à l'observatoire du Vésuve, de l'électricité positive.

Il est arrivé fréquemment, lors de chutes de pluie, de noter simultanément des tensions de signe contraire à Naples et au Vésuve, ainsi qu'aux observatoires de l'Université et de Capodimonte. Et, puisque l'électricité du sol est toujours l'opposée de celle qu'on découvre dans l'air placé au dessus, il faut admettre que deux régions contigües du sol, peuvent se maintenir à deux états électriques contraires malgré sa conductibilité.

Si l'on considère l'électricité de la terre, comme induite par celle de l'atmosphère, le phénomène est parfaitement naturel ; mais dans l'hypothèse d'une électricité propre à notre planète, comme l'a supposé d'abord Peltier et récemment encore M. Pellat, la chose est inadmissible.

Ces constatations et d'autres faits observés bien des fois, réduisent à néant les hypothèses accumulées sur la véritable origine de l'électricité météorique et elles appartiendront à la météorologie de l'avenir jusqu'au moment où, suivant l'expression de Vico, le fait se confondra avec la réalité.

L. Palmieri

SUR LA TÉLÉPHONIE

A LONGUE DISTANCE

I

Depuis quelques années, en France, en Belgique, en Angleterre et dans divers autres pays, on est entré résolument dans la voie de la téléphonie à grande distance. La communication Paris-Reims (180 kilomètres en fils de fer de 4 et 5 millimètres) date de 1885 ; Paris-Lille (250 kilomètres) et Paris-Bruxelles (330 kilomètres en fil de bronze de 3 millimètres) de 1886, Paris-Le Hâvre (230 kilomètres) de 1887. Une nouvelle ligne, Paris-Marseille, de près de 900 kilomètres, en fil de bronze de 4,1/2 m. m., sera sans doute installée prochainement.

Parmi les questions intéressantes soulevées par l'établissement de ces grandes communications, les suivantes ont fait déjà l'objet de nombreuses discussions soit dans la presse scientifique, soit dans les réunions des Sociétés savantes :

Quelle est la plus grande distance à laquelle une conversation téléphonique est possible sur une ligne d'un type déterminé?

Quelle est l'influence des sections souterraines ou sous-marines snr une ligne aérienne?

Quel est le diamètre de fil à adopter pour établir une bonne communication entre deux postes donnés?

Les théories connues et développées jusqu'ici ne permettent pas de résoudre sûrement ces questions. D'un autre côté, les expériences faites étant relativement peu nombreuses, et les appréciations des divers expérimentateurs étant difficilement comparables entre elles, on ne peut guère suppléer au défaut de théorie par des règles pratiques.

On possède toutefois quelques données importantes. Ainsi, d'après des expériences faites à l'Administration des Télégraphes en 1882-1883 :

L'audition téléphonique serait impossible sur une ligne souterraine de 180 kilomètres (Paris-Reims) ayant, par kilomètre, 6 ohms et 0,2 microfarad environ ;

La conversation serait très pénible sur une ligne de 400 kilomètres (Paris-Nancy) en fil de fer de 5 millimètres de diamètre.

D'après M. Preece (1878) la voix est à peine perceptible sur une longueur de 100 milles de câble transatlantique.

D'après les expériences faites par M. Van Rysselberghe, en Amérique, en 1886, la correspondance serait commercialement satisfaisante :

à 500 kil.	par un fil de cuivre	aérien de	2,1	m.m.;
à 940	—	—	2,7	—
à 1626	—	—	6	mill.

ce dernier résultat se rapporte à un fil *compound* à âme d'acier de 3 millimètres (New-York-Chicago).

Avec un conducteur en fer, au contraire, il ne serait pas possible de tenir une bonne conversation à plus de 400 kilomètres.

Les résultats obtenus dépendent d'ailleurs des appareils transmetteur et récepteur employés et de la perfection de leur réglage.

On a proposé des formules devant permettre d'utiliser les données acquises et de les appliquer à des lignes d'un type quelconque. Dans une communication récente à la Société royale de Londres (*Proceedings*, vol. XXXXII), M. Preece [1] admet la règle suivante :

La distance limite x à laquelle la conversation est pratiquement possible sur une ligne est atteinte lorsque le produit de la capacité de cette ligne par sa résistance est égal à une valeur déterminée A ; soit :

$$C R x^2 = A$$

Dans cette formule, C et R désignent la capacité et la résistance par unité de longueur, et x la distance limite. La constante A varierait d'ailleurs un peu, en raison des différences de self-induction, suivant qu'il s'agit d'une ligne aérienne ou souterraine, en cuivre ou en fer. Les expériences en ligne faites par M. Preece l'ont conduit à prendre :

A = 15000 ohms-microfarads pour les fils aériens en cuivre ;

A = 12000 ohms-microfarads pour les câbles souterrains ou sous-marins ;

A = 10000 ohms-microfarads pour les fils aériens en fer.

M. Preece déduit sa formule des considérations développées par Sir W. Thomson dans sa théorie de la propagation du courant sur une ligne télégraphique. J'étais arrivé moi-même à une formule semblable en reprenant la théorie de Thomson au point de vue de la propagation des courants téléphoniques [2]. J'avais pris, à titre d'exemple, la valeur de A égale à 25000.

La formule précédente, dans laquelle A a une valeur déterminée pour un type de ligne donné, se justifierait si la capacité et la résistance étaient seules en jeu et qu'aucun autre élément important n'entrât en ligne de compte. Or, en faisant même abstraction du défaut d'isolement et de l'influence des appareils transmetteur et récepteur, on a au moins à considérer la self-induction de la ligne. Ce dernier élément joue-t-il un rôle important?

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXIV, p. 501.

(2) *Annales Télégraphiques*, mai-juin 1884.

II

On est quelquefois porté à croire que le coefficient L de self-induction d'une ligne téléphonique est trop faible pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte, surtout dans le cas des fils de cuivre. Il n'en est rien, comme on le verra plus loin. D'ailleurs, ce coefficient L n'est pas de même nature que la résistance R du fil et ne saurait lui être comparé directement.

L'importance de la self-induction étant, comme on le sait, d'autant plus grande que les variations du courant sont plus rapides ou que la période T, dans le cas de courants alternatifs, est plus courte, on doit comparer à R le rapport L/T, qui a les mêmes dimensions d'homogénéité. Pour une période T assez courte, c'est-à-dire pour des sons assez aigus, le terme L/T peut l'emporter de beaucoup sur R et jouer un rôle prépondérant.

Du reste, depuis quelque temps, notamment depuis les recherches récentes dont M. Hughes a fait connaître les résultats dans son *Inaugural Address* à la *Society of Telegraph Engineers* (1), l'attention des électriciens s'est portée sur l'influence de la self-induction des fils télégraphiques et téléphoniques.

On a admis, comme évident *à priori*, que cette influence est nuisible au point de vue des transmissions, parce qu'il en est ainsi dans le cas d'un circuit *local*, ainsi que le montrent la pratique et la théorie. Divers savants se sont même préoccupés de rechercher les moyens de rendre la self-induction des lignes aussi faible que possible afin d'améliorer les transmissions. M. Hughes, par exemple, a conseillé de remplacer, à cet effet, les fils cylindriques par des rubans larges et minces. Ce procédé offrant peu de chances d'être essayé en ligne, l'expérience ne pourra nous renseigner sur son degré d'efficacité.

On sait que les lignes en fer sont très inférieures, au point de vue téléphonique, à celles en cuivre. Ce fait est incontestable. On le cite ordinairement à l'appui de l'opinion d'après laquelle la self-induction serait essentiellement nuisible.

Mais rien ne prouve expérimentalement que l'infériorité du fer n'est pas due à sa résistance spécifique considérable ou même à des phénomènes de force coercitive, etc. Il y a donc lieu d'étudier cette question de plus près.

J'ai cherché à reprendre la théorie de la propagation de l'électricité, au point de vue des transmissions téléphoniques, en tenant compte de la self-induction de la ligne, que j'avais négligée dans mon premier mémoire, publié dans les *Annales télégraphiques*, en 1884.

Je ne doutais pas que ce nouvel élément ne dût avoir pour effet de réduire l'intensité du courant et, par suite, d'affaiblir les sons transmis. Aussi, j'ai été très étonné, en faisant une application numérique de mes formules au cas d'une ligne aérienne en cuivre de quelques centaines de kilomètres, de trouver que l'effet nuisible de la capacité électrostatique, loin d'être renforcé par l'intervention de la self-induction, était détruit en grande partie, et que la transmission téléphonique était ainsi notablement améliorée. Je n'ai pas publié mes calculs jusqu'ici, et je m'étais contenté d'annoncer dans les *Annales télégraphiques* (juillet-août 1884, p. 322) ce résultat si paradoxal en apparence et qui va absolument à l'encontre de l'opinion généralement admise.

Pour bien mettre en évidence le rôle essentiel de la self-induction sur une longue ligne, et pour montrer combien est peu exacte la règle d'après laquelle la valeur du produit de la capacité par la distance réglerait seule la limite des transmissions téléphoniques possibles, il suffira de citer les résultats suivants auxquels conduit la théorie dans le cas simple où l'on fait abstraction des appareils placés aux deux bouts de la ligne :

1° La self-induction L a pour effet d'accroître l'intensité du courant à l'arrivée notablement au-dessus de la valeur qu'elle aurait d'après la théorie de Sir W. Thomson (c'est-à-dire en supposant $L = O$).

2° Là où la théorie de Thomson indique des affaiblissements très inégaux des sons de hauteur différentes et, par suite, une altération profonde du timbre d'un son complexe, la self-induction empêche cette altération dans de larges proportions et change complètement le caractère de la transmission.

3° Si le rapport L/R de la self-induction à la résistance, qui dépend du type de la ligne et non de sa longueur, dépasse une certaine limite qui

(1) Voir *La Lumière Électrique*, v. XIX, p. 264 et v. XX, p. 223 et 506.

paraît atteinte pour les fils en cuivre de 4 m.m. 1/2, le timbre n'est pas sensiblement altéré, même lorsque la ligne est très longue (1000 à 2000 kilomètres). En suppsant $L = o$, on trouverait, au contraire, que la ligne éteint les sons aigus et ne transmet que les sons graves.

4° Prenons, comme cas particulier, une ligne de 1200 à 1500 kilomètres, constituée par deux fils de cuivre de 4 m.m. 1/2 posés à 1 m. 50 environ l'un de l'autre. On trouve ce fait, le plus étonnant de tous, que l'intensité du courant téléphonique à l'arrivée est plus grande qu'elle ne serait dans un circuit local de même résistance, mais sans capacité ni self-induction.

III

Les faits que je viens d'énoncer pouvant paraitre très surprenants, il n'est pas inutile de citer un fait analogue, que la théorie a permis de prévoir et dont la vérification expérimentale a été faite sous diverses formes.

Si dans un circuit local, possédant une self-induction négligeable et traversé par des courants alternatifs, on intercale un condensateur en embrochage (en tension), le courant continue à circuler, mais son intensité est affaiblie d'autant plus que la capacité du condensateur embroché est plus faible. D'autre part, on sait qu'un électro-aimant intercalé à la place du condensateur jouerait également un rôle nuisible par sa self-induction. Et cependant, si l'on intercale à la fois l'électro-aimant et le condensateur en tension, la self-induction et la capacité corrigent réciproquement, au moins en partie, leurs effets nuisibles. On trouve alors, en faisant varier la capacité du condensateur, que l'intensité du courant varie et devient maximum pour une certaine valeur de la capacité, valeur qui est en raison inverse de la self-induction de l'électro-aimant.

Pour la démonstration théorique de ce fait, voir *Annales Télégraphiques* (mai-juin 1884, page 193). Voici des vérifications expérimentale :

1° Dans une Note lue à la *Society of Telegraph Engineers*, en novembre 1884, M. Hopkinson cite une expérience dans laquelle les courants alternatifs fournis par une machine magnéto-électrique étaient renforcés par l'intercalation d'un condensateur, d'une capacité convenable, en tension dans le circuit.

2° Au point de vue téléphonique, la constatation du même fait présente certaines difficultés, en raison de la presque impossibilité d'obtenir un son simple d'une intensité suffisante.

Le son produit étant toujours complexe, lorsqu'on introduit un condensateur en tension dans le circuit téléphonique et que l'on fait varier sa capacité, on constate un changement continu et fort gênant du timbre dans le récepteur, les sons les plus aigus étant les seuls perceptibles pour de faibles capacités, tandis que pour de grandes capacités les sons les plus graves l'emportent.

Une expérience que j'entrepris il y a trois ans ne me donna, pour ce motif, qu'un résultat très imparfait.

Je l'ai reprise dans des conditions plus favorables, en mars 1886, avec M. de la Touanne, dont l'oreille était plus exercée que la mienne.

En faisant chanter une flamme devant un microphone, on obtenait dans un récepteur téléphonique un son assez intense mais encore complexe.

La self-induction du circuit avait été accrue par l'addition d'un électro-aimant Morse et de trois ou quatre récepteurs téléphoniques.

Quant au condensateur intercalé, sa capacité était graduée et pouvait varier, par centièmes de microfarad, depuis 0,01 jusqu'à 5 m. f. Dans une séance, entre autres, nous avons constaté très nettement que l'intensité du son reçu était maximum pour une capacité comprise entre 0,02 et 0,04.

Comme nous avons négligé de mesurer la hauteur du son ainsi que la self-induction du circuit, il n'a pas été possible de faire une vérification numérique de la formule théorique. Nous n'avons pas recommencé l'expérience depuis cette époque.

3° Je citerai encore les expériences téléphoniques décrites par M. C. Cros dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (séance du 22 novembre 1886).

En résumé, il paraît bien établi que la self-induction et la capacité peuvent corriger réciproquement leurs effets nuisibles dans le cas d'un circuit local. Il semblera dès lors bien moins étonnant qu'il en soit de même sur une ligne.

Du reste, on verra plus loin, en traitant la question au point de vue mathématique, que la

propagation de l'électricité sur une ligne télégraphique ou téléphonique a lieu exactement de la même manière que celle d'un mouvement vibratoire le long d'une corde élastique, et satisfait à une équation aux dérivées partielles de même forme.

La capacité électro-statique de la ligne joue un rôle analogue à celui de l'inverse de la tension de la corde. La self-induction est l'analogue de la masse de la corde, ce qui répond bien à l'idée d'inertie électrique sous laquelle on se la représente souvent. Enfin, la résistance électrique de la ligne joue le même rôle que la résistance opposée par l'air ou par d'autres causes au mouvement de la corde, en supposant cette résistance proportionnelle à la vitesse du déplacement.

Or, plus l'inertie de la corde est grande, plus, à égalité d'effort exercé, l'amplitude des vibrations sera réduite, mais plus, par contre, la propagation des ondes sera régulière. Si cette inertie est assez grande, l'action des résistances passives sera négligeable : les ondes se propageront le long de la corde avec une vitesse uniforme et leur amplitude n'ira pas sensiblement en s'affaiblissant. De même, plus la self-induction est grande, plus, à égalité de force électromotrice, l'amplitude des ondes électriques sera réduide (au départ), mais plus, par contre, leur propagation sera régulière. Si la self-induction L est assez considérable, ou plutôt si le rapport de L/R à la période T du courant alternatif est assez grand, la vitesse de propagation sera sensiblement uniforme, et l'altération des ondes sera faible malgré l'action de la résistance électrique R. On a donc intérêt, à ce point de vue, à donner à L/R une valeur aussi forte que possible, c'est-à-dire à accroître L ou à diminuer R autant que possible.

C'est ce que l'on obtient en accroissant le diamètre des fils employés ; L se trouve ainsi réduit, mais R l'est aussi et dans une proportion bien plus grande.

Ces considérations suffisent pour mettre en évidence le rôle utile que peut jouer la self-induction de la ligne. Nous développerons dans un prochain article, la théorie de la propagation des courants téléphoniques, ou plus généralement des courants alternatifs sur une ligne, en tenant compte de la capacité, de la résistance, de son défaut d'isolement, que nous supposerons uniforme, et de la self-induction de celle-ci, ainsi que des appareils transmetteur et récepteur placés aux deux bouts.

IV

Lorsqu'un son est transmis d'une extrémité à l'autre d'une ligne, l'intermédiaire de la transmission est un courant électrique. Ce fait, qui a été mis en doute par certains auteurs, est prouvé suffisamment par la *nécessité* de l'emploi d'aimants, de piles, de bobines d'induction, etc. dans les installations téléphoniques. On a d'ailleurs constaté directement que la transmission de la voix détermine dans un circuit un courant, qui agit sur un électrodynanomètre sensible, tel que celui de M. Giltay, mais qui reste sans influence sur les galvanomètres les plus sensibles. Ce courant est donc alternatif et doit évidemment avoir le même caractère de périodicité que le son qu'il transmet.

Quelle relation existe entre l'intensité du courant et celle du son transmis? Il est clair que le courant est d'autant plus fort que le son est plus intense.

L'amplitude des vibrations sonores étant considérée comme infiniment petite, on peut supposer qu'elle est proportionnelle à l'intensité i du courant et, par suite, que l'intensité du son est proportionnelle au carré de i. Mais cette question relève de la théorie du fonctionnement des appareils, que nous n'aborderons pas ici. Nous traiterons seulement le problème suivant :

Etant donnée une force électromotrice périodique dans un transmetteur, il s'agit de calculer l'intensité du courant soit au départ, soit à l'arrivée.

Afin de procéder méthodiquement, nous considèrerons en premier lieu un circuit constitué par la ligne seule. Le calcul sera par là même très simplifié, lorsqu'on fera intervenir les appareils de transmission et de réception.

VASCHY

(*A suivre*)

DÉTAILS DE CONSTRUCTION
DES

MACHINES DYNAMOS [1]

RÉGULARISATION

Le système de MM. *Crossley Goolden* et *Trotter*

[1] *La Lumière Électrique*, 8 et 15 novembre 1884; avril,

convient plus spécialement aux dynamos actionnées par des moteurs à vitesses très variables et même réversibles comme l'essieu d'un train éclairé à l'électricité.

La dynamo A (fig. 1) est à cet effet excitée en dérivation par un courant 2 2, dans lequel le régulateur F introduit, par les lames *ff'*, des résistances de la boîte E (fig. 2) en nombre d'autant plus grand que la dynamo tourne plus vite, de sorte que sa force électromotrice reste sensiblement constante.

Lorsque la vitesse de la machine devient trop faible, les accumulateurs M, montés sur le circuit principal 1 1, lui restituent une partie de l'électricité qu'ils ont emmagasinée quand la dynamo tournait trop vite.

Lorsque le commutateur N occupe la position indiquée en traits pleins sur la fig. 2, les lampes

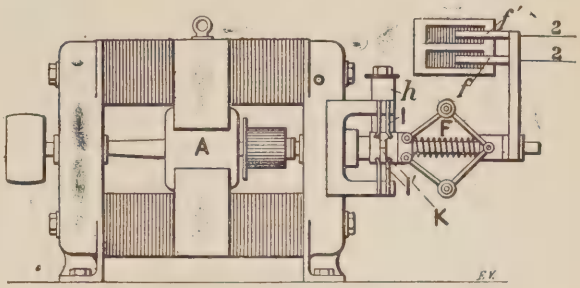


Fig. 1

L sont coupées du circuit principal 1 1, et les faibles résistances 2 2 de la boîte E, reliées à la

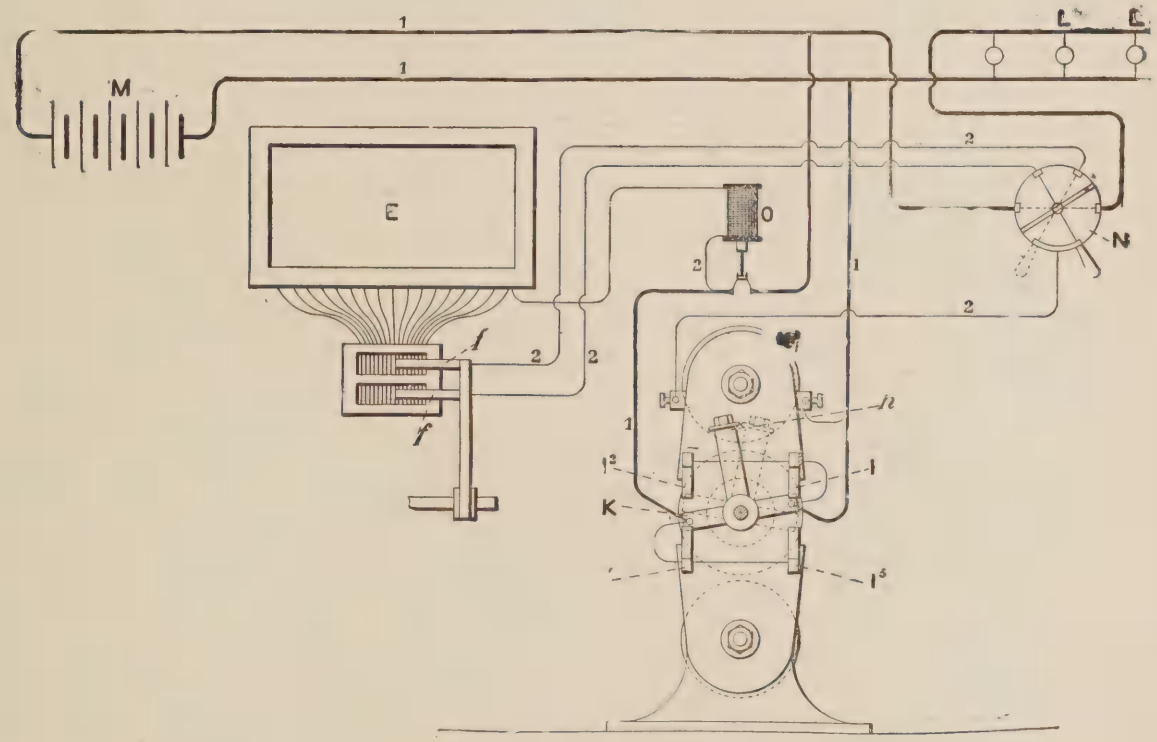


Fig. 2. — Crossley Goolden et Trotter

lame *f* sont seules maintenues dans le circuit dérivé 2 2. La dynamo ne fait alors que charger les accumulateurs.

Lorsque le commutateur occupe la position indiquée en pointillés, les lampes sont introduites dans le circuit principal, et les hautes résistances de E dans le circuit dérivé 2 2, par la lame *f'*.

La séparation de la dynamo A du circuit principal s'opère automatiquement par le jeu de l'élec-

mai, août 1883; 9 janvier, 27 février, 24 avril, 7 août 1886. Systèmes régulateurs de Ayrton et Perry, Bain, Brush, Deprez, Dunston et Pfankuche, Edison, Finney, Gramme, Higmann Jenkin, Khotinsky, Lamkin, Maxim, Raworth, Sayers et Hookham, Sprague, Stabler, E. Thomson, Watson et Morday.

tro-aimant O, monté sur le circuit dérivé, et qui, dès que la dynamo se ralentit au-dessous de sa vitesse minima prévue, lâche son armature et coupe ainsi la dynamo du circuit principal, qui n'est plus alors desservi que par les accumulateurs M.

L'interversion du circuit aux bornes de la dynamo s'opère automatiquement, dès que le mouvement de la dynamo change de sens, par le jeu du croisillon commutateur *h* K, entraîné à frottement doux par l'arbre de la dynamo.

Lorsque la rotation de la dynamo change de sens, le commutateur bascule, par exemple, de la position indiquée en traits pleins à la position pointillée, de sorte que son bras horizontal, qui porte les extrémités du fil principal 1 1, en intervertit les contacts des bornes I I' aux bornes I^2 I^3, en même temps que le courant change de sens dans l'armature. Le bras *h* renferme un tampon graisseur constamment appuyé par un ressort sur l'arbre de la dynamo, de manière à éviter tout danger de grippage bien qu'en conservant entre l'arbre de la dynamo et la douille du commutateur une adhérence suffisante pour en assurer l'entraînement.

Le principe du réglage adopté par M. *Sprague* pour éviter de modifier le calage des balais lorsqu'on change le sens de la rotation de la dynamo, ou même lorsqu'on la fait agir tantôt comme réceptrice, tantôt comme génératrice, consiste essentiellement, comme l'indiquent les fig. 3 et 4, à exciter les inducteurs par deux enroulements : l'un D, à gros fils monté en série sur l'armature et l'autre C, à fils fins, en dérivation et enroulé dans un sens tel qu'il tende à développer dans les inducteurs des pôles N S à angle droit des pôles N' S', développés par l'enroulement D [1]. On a, en outre, représenté sur les figures 3 et 4, par N'' S'' et par A R les directions polaires résultant de l'action combinée des enroulements D et C et de l'action propre de l'armature.

Si, pour une marche donnée, les actions des pôles N'' S'' et A R donnent pour résultante une ligne polaire N S, la direction de cette ligne restera invariable, quelles que soient les variations du circuit et de la vitesse de la dynamo; car, lorsque l'intensité du courant de l'armature augmente,

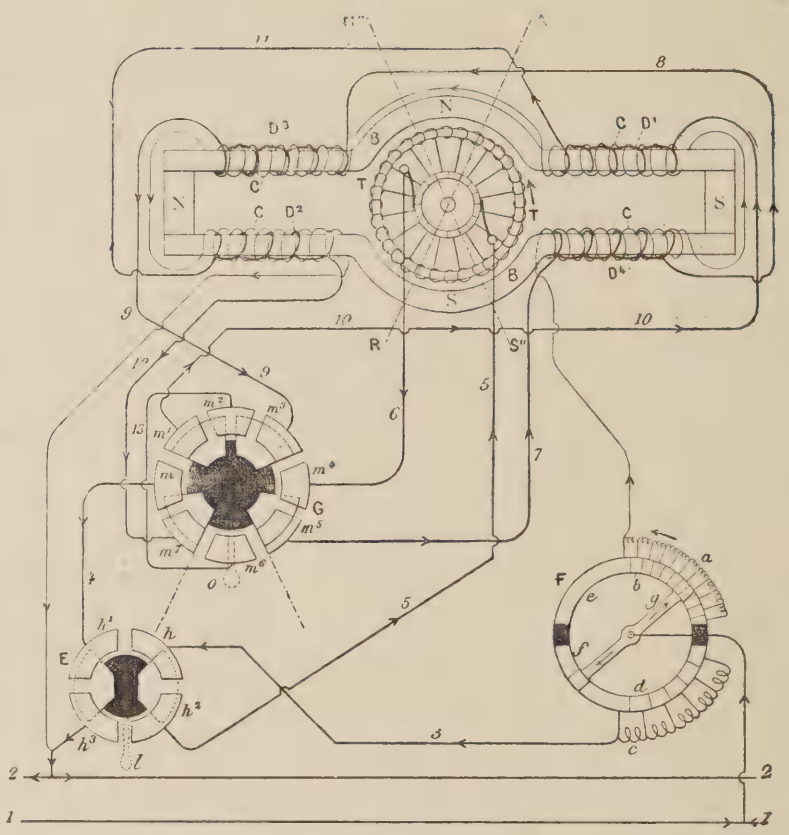


Fig. 2. — Sprague

de manière à dévier A R en sens contraire de la rotation de l'armature, l'intensité augmente de même dans l'enroulement en série D D de manière à déplacer N''S'' en sens contraire de AR, et à maintenir ainsi leur résultante N S dans un plan invariable. Lorsqu'on fait varier le champ magnétique indépendamment du courant de l'armature, par exemple, par l'introduction de résistances dans la dérivation C, ces variations ont encore pour effet de contrarier les changements corrélatifs de l'action de l'armature, de manière à maintenir l'invariabilité du plan N S.

[1] Les pôles N et S placés sur le diamètre horizontal de de la machine, (fig. 3 et 4) doivent être affectés d'un indice.

Enfin, lorsque la rotation de la dynamo change de sens, les positions des plans A R et N″ S″ s'intervertissent, comme l'indiquent les figures 3 et 4, mais sans affecter en rien la position du plan N S qui détermine l'orientation invariable des balais.

Dans la disposition représentée par les figures 3 et 4, les enroulements C et D sont, en outre, disposés diagonalement : en D_1 D_2 de manière à ajouter, en marche normale, leurs actions magnétisantes, et, en D^3 D^4, de manière à se contrarier. Le commutateur G a pour fonction de permettre de rendre à volonté toutes ces actions concordantes, afin de développer, au démarrage, par exemple, un champ magnétique très intense, ou toutes discordantes, lorsqu'on veut diminuer, au contraire, l'intensité du champ.

Le rhéostat F dont les aiguilles *g g′* sont reliées au circuit principal permet de faire varier à volonté la résistance du circuit de l'armature ou celle du circuit C des inducteurs.

Lorsque l'aiguille *g* se déplace sur les touches *b*, elle fait varier le nombre des résistances *a*, introduites dans le circuit des dérivations C, tandis que l'aiguille *g′* se déplace sur l'arc métallique *f* sans affecter le circuit de l'armature ; de même, l'aiguille *g* passe sur l'arc *e* sans affecter le circuit des inducteurs, pendant que l'aiguille *g′* fait varier, en passant sur les touches *d*, les résistances *c* du circuit de l'armature.

Le circuit 3 de l'armature va des résistances *a* à la lame *h* du commutateur E, dont la lame h^1 est reliée, par le fil 4 et le commutateur G, au balai de gauche. La lame h^2 est reliée par le fil 5 au balai de droite, et la lame h^3 communique avec le fil 2 du circuit principal.

Lorsqu'on fait passer la manette *l* et ses 2 contacts de la position (fig. 3) à la position (fig. 4), la direction du courant change, comme l'indiquent les flèches, dans l'armature et dans l'inducteur.

Le commutateur G qui permet, comme nous l'avons dit, d'opposer en partie les enroulements C et D, se compose de huit plaques *m* m^1 m^2... m^7 disposées autour de quatre contacts actionnés par la manette *o*.

Dans la position indiquée par la figure 3, le circuit de l'armature et des inducteurs se ferme sur E par le trajet E, 5, balai de droite, armature, balai de gauche m^4, m^5, 7, D^4, 8, D^3, m^3, m^2, m^1, 10, D^1, 12, m^7, *m*, 4, E ; les enroulements D^3 D^4 agissent en opposition, et D^1 D^2 en concordance.

Dans la position indiquée par la figure 4, le courant suit en sens inverse le trajet E, 5, balai de droite, armature, balai de gauche m^4, m^5, 7, D^4, 8, D^3, 9, m^3, m^2, m^1, 10 D_1, D_2, 12 m^7, *m* E ; les enroulements D_1 et D_2 agissent aussi en opposition.

Lorsqu'on tourne la manette *o* vers la gauche, on renverse, au contraire, le courant en D^3 et D^4, de sorte que tous les enroulements D^1 D^2 D^3 D agissent en concordance avec C. Les pôles N′ S′ disparaissent, et le moteur démarre avec un couple de rotation très puissant.

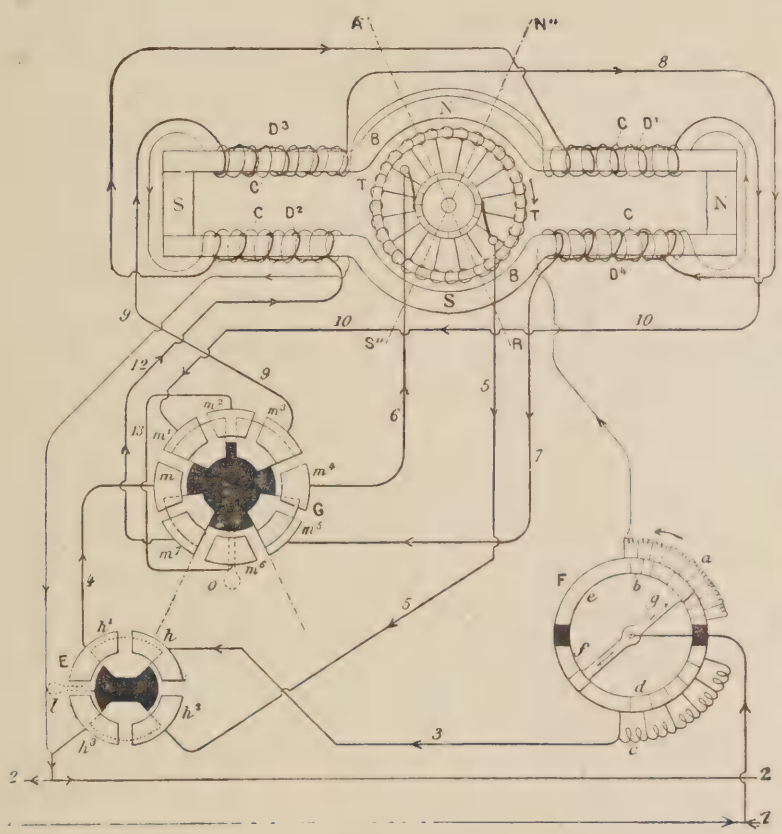


Fig. 4. — Sprague

Le rhéostat adopté par M. *Elihu Thomson* se compose (fig. 5) d'un fil R, intercalé dans la

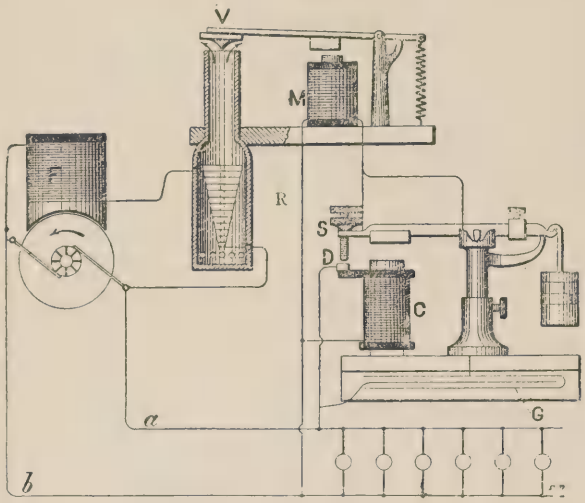


Fig. 5. — Elihu Thomson

dérivation excitatrice de l'inducteur F et enroulé dans une cheminée où il s'échauffe par le passage

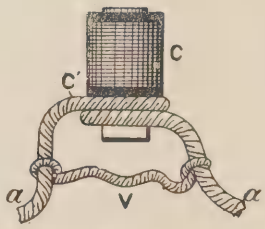


Fig. 6

même du courant, sa résistance augmente et le champ magnétique de F diminue d'autant plus

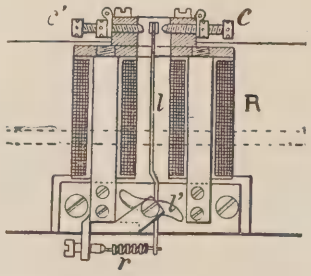


Fig. 7. — Plan montrant le relais R

que la soupape V, commandée par le mécanisme du régulateur, ferme d'avantage la circulation de l'air appelé par les trous percés au bas de la cheminée, et qui tend à refroidir le fil R. Le mécanisme régulateur se compose d'un électro-aimant M, dont le circuit, monté en dérivation sur le circuit principal, est alternativement ouvert et fermé aux contacts D S par le jeu d'un second électro C, également dérivé sur *a b*. Le condensateur G empêche qu'il ne se produise des étincelles en D S. On enroule la résistance R sur un cône

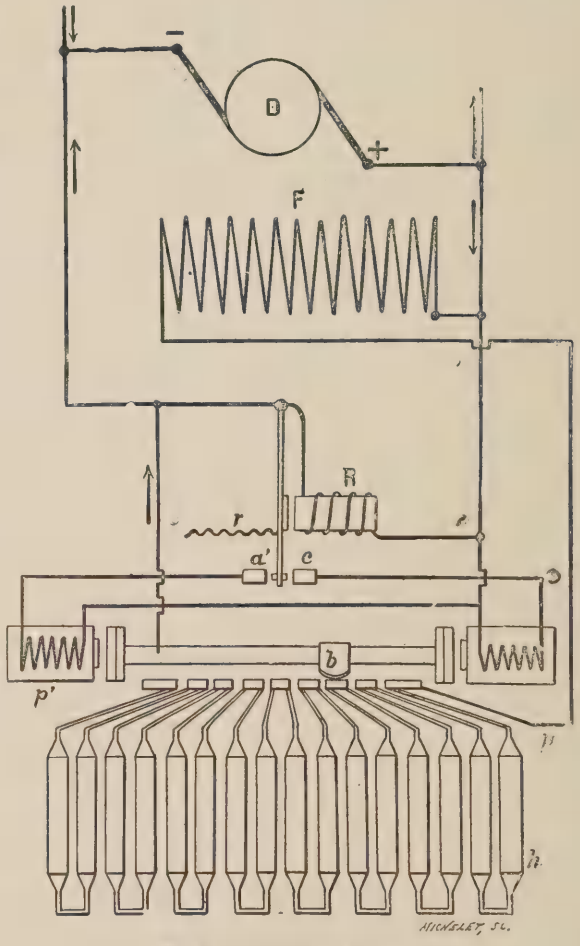


Fig. 8. — Regulateur Brown

de mica, de façon que ses spires ne se recouvrent pas et soient également exposées au refroidissement par l'appel d'air.

Lorsque la dynamo dont on veut régulariser le circuit est enroulée de manière que la force électromotrice augmente aux bornes avec le travail du circuit, il faut ajouter à l'enroulement C, en dérivation sur *a a*, un enroulement opposé C' (fig. 6) à gros fil en série sur le circuit de l'armature *a a* et schunté par une résistance V que l'on fait varier

de manière à établir par tatonnement le rapport convenable entre les actions des enroulements différentiels c et c'.

Le rhéostat de M. *Brown* se compose (fig. 7, 9 et 10) d'une série de résistances h introduites dans le circuit excitateur de la dynamo D (fig. 8)

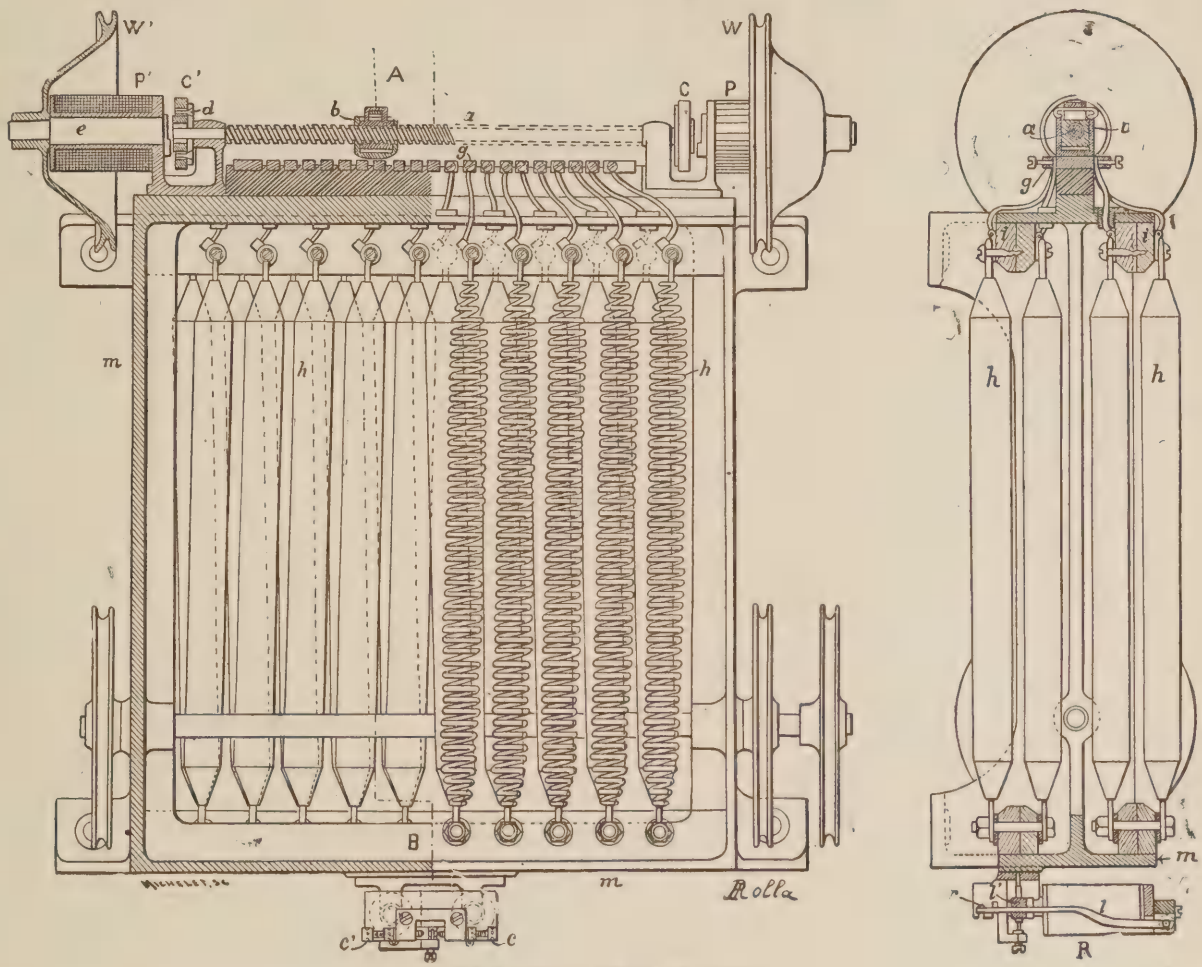


Fig. 9 et 10. — Régulateur Brown

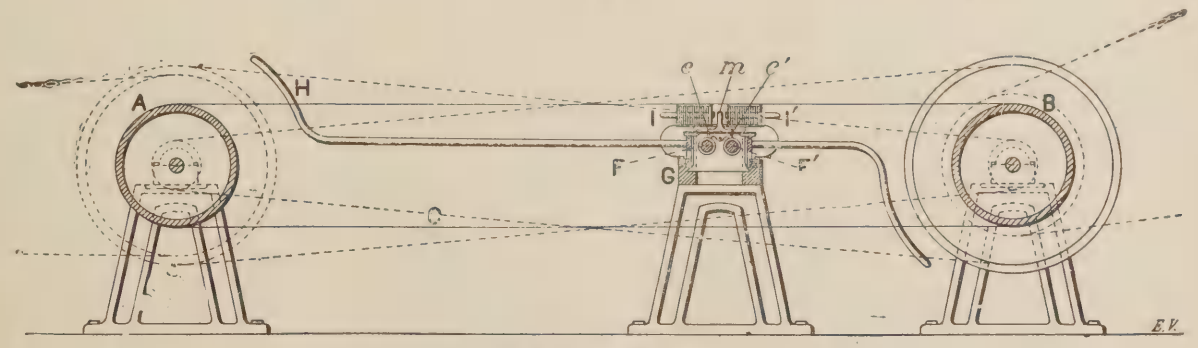


Fig. 11. — Vivo y Graells

en nombre variable, suivant le sens du mouvement du curseur b sur les contacts g. Le sens se ce mouvement est déterminé par celui dela rotation de la vis a, qui tourne à droite ou à gauche suivant que l'un ou l'autre des électros P ou P' l'embraye en C ou en C' avec l'une ou l'autre des

roues W ou W′, animées de rotations contraires. Les électros P et P′ sont, comme l'indiquent les figures 7 et 8, actionnées par un relais R en dérivation sur le circuit principal, et dont l'armature *l* (fig. 7 et 10), introduit dans le circuit par son contact en *c* ou en *c′*, l'électro P ou l'électro P′, suivant qu'elle peut ou non vaincre l'antagonisme du ressort *r*.

En temps normal, quand la force électromotrice conserve sa valeur de régime, l'armature *l* reste en équilibre entre les deux contacts *c c′*, et

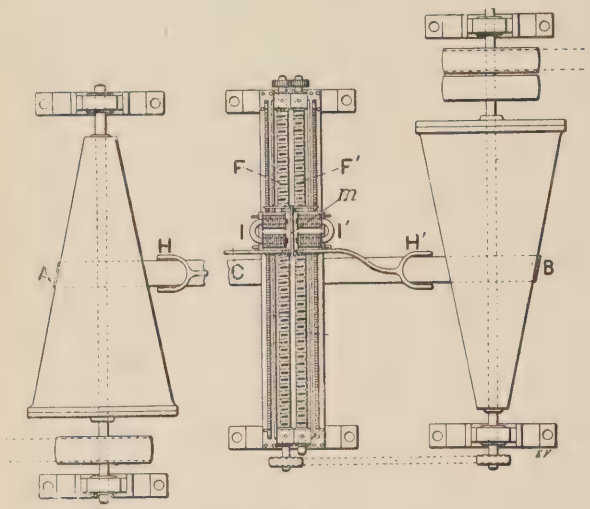


Fig. 12

la vis *a* immobile, débrayée aux deux bouts, comme l'indique la figure 9 (1).

Le régulateur de M. *F. Vivo y Graells* agit (fig. 11 et 12) en faisant glisser la courroie C sur les cônes A et B, l'un actionné par le moteur, l'autre actionnant la dynamo. A cet effet, les électros I I′ mettent en prise avec l'une ou l'autre des vis F ou F′, qui tournent en sens contraire, l'un ou l'autre des écrous *e* ou *e′*, suivant qu'ils attirent leur armature *m* à droite ou à gauche sous l'action d'un relais facile à concevoir. Ces électros glissent alors sur le bâti G, en entraînant la fourche H dans le sens voulu pour la régulation.

GUSTAVE RICHARD

(1) *Industries*, 3 juin 1887. — Analogues, *Lumière Électrique*, 19 mars 1887; Régulateur Goolden, Trotter et Ravenshaw, p. 563.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Cas général de la conductibilité des mélanges; nombre des molécules électrolytiques dans les dissolutions étendues, par M. E. Bouty (1).

L'auteur a donné dans ses travaux précédents (2) sur le même sujet, une formule qui permet de calculer la conductibilité d'un mélange quelconque de deux solutions, à la seule condition qu'elles contiennent le même nombre d'équivalents de sel par litre et qu'elles ne réagissent pas l'une sur l'autre ; cette formule est :

$$x = \frac{p\,a + q\,b}{p + q} \qquad (1)$$

dans laquelle *a* et *b* sont les conductibilités des composants, qui entrent pour *p* et *q* litres dans le mélange.

L'auteur a cherché à l'appliquer au cas général ou les dissolutions ne contiennent pas le même nombre de molécules, mais il faut connaître la loi de variation de la conductibilité de chacune d'elles avec la dilution. On ramène alors les deux solutions à contenir le nombre *m* de molécules que contiendra le mélange, et on suppose qu'elles soient mêlées dans la proportion convenable pour reproduire celui-ci.

Soient, par exemple, une dissolution de chlorure de potassium à 0,1 équivalent, et une dissolution de nitrate de potasse à 0,2 équivalent que l'on mêle à volumes égaux. Prenant pour unité la conductibilité de la première, on trouve que la seconde a pour conductibilité 1,698; mais la conductibilité du mélange n'est point égale à la moyenne $\mu = 1{,}349$. Il faut chercher, au moyen des formules établies par l'auteur (3), les conductibilités *a* et *b* des deux dissolutions, ramenées à contenir 0,15 équivalent, et faire $p = 1$, $q = 2$ dans la formule, on trouve

$$x = \frac{1{,}474 + 2.1{,}306}{3} = 1{,}362$$

(1) *Comptes Rendus*, t. CIV, p. 1699 (13 juin 1887).
(2) *Comptes Rendus*, t. CIII, p. 31.
(3) Voir *Comptes Rendus*, t. CII, p. 1372.

On a ainsi une différence relative ε de 1/104 sur la moyenne μ. L'expérience directe a donné $\varepsilon = 1/102$.

Pour des dissolutions de concentration différente d'un même sel, ε est toujours positif. L'accroissement de conductibilité moléculaire du sel concentré qui se dilue l'emporte sur la diminution relative au sel étendu qui se concentre. Mais, avec des sels différents. Il n'en estplus de même, par exemple, pour le mélange à volumes égaux de chlorure de potassium à 0,1 équivalent et de nitrate de potasse à m équivalents, on trouve

m	ε (calculé)
0,2	+ 0,0096
0,1	0,0000
0,075	— 9,0109
0,05	— 0,0005
0,01	+ 0,0129
0,00	+ 0,1381

L'excès ε, nul pour des concentrations égales et positif pour des concentrations très différentes, peut devenir négatif; la diminution de conductibilité du nitrate de potasse plus sensible à la dilution, l'emporte sur l'accroissement de conductibilité du chlorure de potassium entre $m = 1$ et $m = 0,5$.

On peut chercher à appliquer ces calculs à l'étude des mélanges dont l'un des constituants est un sel normal ou un acide.

Ces corps ont, en effet, une complexité de constitution moléculaire qu'indique les particularités de leur électrolyse. On peut essayer de déterminer ainsi le nombre réel de molécules électrolytiques que contient une dissolution donnée de ces substances.

Considérons les mélanges à volumes égaux de nitrate de potasse à 1 équivalent par litre et d'acide azotique à m équivalents, (température, 14° environ). La deuxième colonne du tableau suivant donne l'excès relatif de la conductibilité observée sur la moyenne des conductibilités des liqueurs mêlées :

m	ε (observé)	ε' (calculé)
1,000	+ 0,0250	+ 0,0120
0,75	+ 0,0058	— 0,0026
0,5	— 0,0034	— 0,0085
0,333	— 0,0044	— 0,0038
0,2343	+ 0,0005	+ 0,0077
0,2222	+ 0,0062	+ 0,0204
0,1111	+ 0,0312	+ 0,0308

Ce tableau est évidemment analogue au précédent. Mais *ce n'est pas pour des équivalents égaux que la conductibilité du mélange se trouve égale à la moyenne des conductibilités des liqueurs mêlées*. Pour $m = 1$, ε a une valeur positive relativement considérable, comme si, à 1 équivalent de nitrate de potasse, on avait ajouté plusieurs équivalents d'un sel neutre.

L'auteur a montré [1] que, pour la température considérée, le rapport de la conductibilité limite de l'acide azotique à celle d'un sel neutre est 3,359. A ce point de vue, 1 molécule d'acide azotique dissous équivaut donc à 3,359 molécules d'un sel neutre. L'auteur a calculé les excès ε' dans cette hypothèse et d'après les principes du paragraphe précédent; ils sont inscrits dans la troisième colonne.

On voit que la marche générale des variations de ε et de ε', dans l'intervalle critique de $m = 1$ à $m = 0,1111$, est à peu près la même. Pour des liqueurs plus étendues, on observerait une identité parfaite.

L'auteur n'est pas loin de conclure de là que le nombre des molécules électrolytiques dans la dissolution de 1 équivalent d'acide azotique à 14° est supérieur à 1, et de le fixer approximativement à 3,36? On expliquerait à la fois la loi de la conductibilité, celle des mélanges et l'anomalie de l'électrolyse; avec cette hypothèse, on n'aurait plus besoin de celle du transport des ions.

Les expériences analogues réalisées sur des mélanges de chlorure de potassium et d'acide chlorhydrique, de chlorure de sodium (sel anormal) et de chlorure de potassium, confirment ces conclusions.

E. M.

Nouvelles grilles pour accumulateurs

Si l'on commence à chercher, un peu de tous les côtés, de nouvelles combinaisons permettant de remplacer les accumulateurs genre Planté et Faure, on ne continue pas moins tous les jours à perfectionner ceux-ci dans leurs détails.

Nous dirons quelques mots d'une nouvelle disposition de grillages en plomb imaginée par un électricien hollandais, M. Menges, l'inventeur d'un

[1] Voir *Comptes Rendus*, v. CIV, p. 1614 et *La Lumière Électrique*, v. XXIV, p. 319.

système de régulateur électrique sur lequel nous reviendrons prochainement.

Un des grands inconvénients des grillages ordinaires, dont les trous sont normaux aux plaques est, on le sait, de ne pas retenir suffisamment la matière active ou le plomb spongieux ; et on a fait de nombreux essais pour obtenir des formes particulières d'alvéoles, qui remplissent mieux ce but.

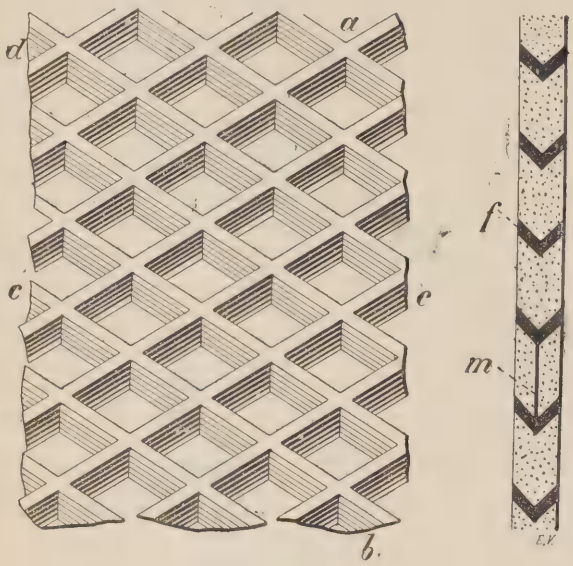


Fig. 1 et 2

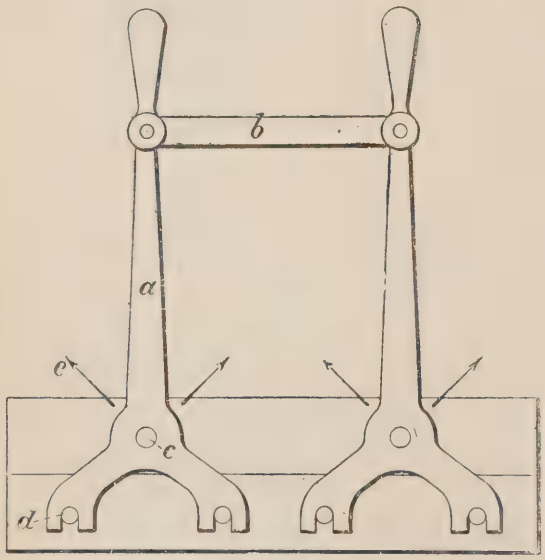


Fig. 3

Nous rappellerons en particulier les plaques de M. Gadot, (voir notre résumé des brevets n° 15), constituées par deux plaques rivées ou soudées, de manière à constituer des alvéoles avec des bords inclinés de chaque côté vers le centre de la plaque. On peut reprocher à cette disposition une main-d'œuvre un peu compliquée ; en outre, on peut se demander si l'oxydation du grillage ne fera pas sauter les rivets, en séparant les plaques.

M. Menges a réalisé des plaques analogues, mais fondues d'une seule pièce, et pour cela, il leur a donné la forme indiquée par les fig. 1 et 2.

Pour obtenir un démoulage rapide, l'inventeur emploie le petit dispositif représenté fig. 3 ; au moyen des deux leviers intercalés, on donne un double mouvement à la plaque, suivant les deux directions des faces des alvéoles, et le grillage est séparé de son moule.

E. M.

De l'effet des chocs et du recuit sur le moment magnétique d'aimants en acier, par Brown

Nous avons rendu compte dans une revue antérieure (1), des premières mesures faites sur ce sujet par l'auteur ; celui-ci vient de publier la dernière partie de ses recherches dans le *Philosophical Magazine*.

La méthode qu'il a suivie est la même que précédemment ; il a étudié 15 barreaux aimantés formant trois groupes de cinq, chacun d'eux ayant une composition chimique un peu différente et donnée dans le tableau ci-dessous, par rapport à celle du premier groupe.

	1er groupe	2e groupe	3e groupe
Silicium	1.00	0.08	0.17
Manganèse	1.00	1.23	3.25
Phosphore	1.00	1.71	1.55
Soufre	1.00	0.00	0.00
Charbon	1.00	0.25	0.25
Fer	1.00	0.994	0.987

L'aimantation des barreaux a été effectuée de la même manière que dans les recherches antérieures, et les percussions auxquelles ils ont été soumis, ont été obtenues aussi d'une façon identique.

(1) *La Lumière Electrique*, vol. XXIV, p. 276.

Voici les résultats obtenus pour la moyenne des cinq aimants de chaque groupe.

	Moment magnétique par gramme	Perte en o/o due à		Perte totale
		une chute	trois chutes	
1er groupe..	60.33	0.99	0.39	1.37
2e —	72.16	1.88	0.96	2.85
3e —	70.00	3.47	1.84	5.25

Les résultats ci-dessus semblent donc prouver que la perte du moment magnétique varie proportionnellement avec la quantité de manganèse que renferme l'échantillon.

Les quinze barreaux, fixés sur une planche ont été ensuite recuits simultanément pendant une heure dans un bain d'huile à 100 degrés ; ensuite après un refroidissement de 6 heures à une température de 8 degrés, ils ont été aimantés en les plaçant dans le même champ magnétique que ci-dessus, et laissés ensuite en repos pendant 20 heures avant de les soumettre aux expériences.

Voici les résultats obtenus :

	Moment magnétique par gramme	Perte en o/o due à		Perte totale
		une chute	trois chutes	
1er groupe..	62.30	1.79	0.98	2.84
2e —	72.04	2.49	1.06	3.45
3e —	67.50	2.79	1.63	4.57

Les barreaux ayant été recuits pendant 2 heures dans un bain d'huile à 100° et traité comme ci-dessus, M. Brown a obtenu les chiffres suivants :

	Moment magnétique par gramme	Perte en o/o due à		Perte totale
		une chute	trois chutes	
1er groupe..	61.42	1.99	1.08	2.84
2e —	72.60	2.81	1.13	3.92
3e —	69.42	3.98	2.26	6.13

Un recuit d'une demi-heure dans un bain à 236°, a donné :

	Moment magnétique par gramme	Perte en o/o due à		Perte totale
		une chute	trois chutes	
1er groupe..	62.32	6.01	3.35	9.04
2e —	68.85	9.50	5.37	14.42
3e —	65.50	14.73	5.07	18.61

On voit ainsi qu'en recuisant le métal à une température triple à peu près, pendant une demi-heure seulement, la perte de magnétisme totale est aussi triplée.

Les aimants ayant subi ensuite un nouveau traitement absolument identique au précédent, ont subi une perte un peu plus grande par le même nombre de percussions ; ils ont été ensuite abandonnés à eux-mêmes et laissés en repos pendant 9 mois ; on a trouvé alors sans les soumetre à une nouvelle aimantation les valeurs inscrites dans le tableau ci-dessous.

	Moment magnétique par gramme	Perte en o/o due à		Perte totale
		une chute	trois chutes	
1er groupe..	48.89	1.00	0.59	1.58
2e —	40.68	1.73	1.81	3.34
3e —	41.26	1.34	1.15	2.44

Les mesures ci-dessus montrent donc d'une façon constante que la perte de magnétisme due aux percussions subies par les aimants est plus faible pour les échantillons d'acier renfermant de faibles quantités de manganèse que pour ceux qui en renferment une quantité notable.

A. P.

Sur le phénomène de Hall, par A.-V. Ettingshausen et W. Nernst (1).

Nous avons analysé, il y a quelque temps, un mémoire de M. Ettingshausen (2) sur un nouveau

(1) *Repertorium der Physik*, vol. XXIII, p. 93.
(2) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXIV.

phénomène thermo-magnétique et galvano-magnétique qui se produit dans une lame de bismuth, placée dans un champ magnétique. Ces phénomènes sont en rapport intime avec celui de Hall qui a déjà été étudié expérimentalement avec beaucoup de soins par Righi et Leduc ; on doit en particulier à ce dernier des mesures très précises.

On sait que le phénomène découvert par Hall consiste dans une rotation des lignes équipotentielles d'une plaque métallique parcourue par un courant et placée entre les armatures d'un électro-aimant. Cette rotation a été nommée, pouvoir rotatoire, (*rotatory power*) de la substance ; son intensité peut s'exprimer par la formule

$$r = \frac{e\,\delta}{I\,M}$$

e étant la force électromotrice transversale qui se développe entre deux points ayant le même potentiel avant l'excitation du champ, δ l'épaisseur de la plaque, I l'intensité du courant primaire dans la plaque, et M l'intensité du champ magnétique. Ce pouvoir rotatoire est positif quand la rotation des lignes équipotentielles est de même sens que le courant qui excite les électro-aimants ; il est négatif dans le cas contraire.

MM. Ettingshausen et Nernst ont d'abord étudié l'influence des dimensions de la plaque sur l'intensité du phénomène, en opérant sur des barreaux parallélipipédiques de bismuth ; le courant primaire était amené par des plaques de cuivre soudées aux deux extrémités du parallèlipipède et les différences de potentiel étaient prises à l'aide de fils de cuivre placés sur les faces latérales les plus étroites. Ils ont trouvé que l'effet transversal parait être inversement proportionnel à l'épaisseur des plaques et qu'il est maximum quand la largeur et la longueur des plaques sont dans un rapport plus petit que 2/3. Des feuilles d'or fournissent des résultats analogues.

Ces phénomènes se remarquent avec la même intensité lorsqu'on donne aux plaques la forme de disques ou de demi-cercles, le courant primaire entrant par le centre et sortant par un anneau de cuivre soudé à la périphérie.

Si l'on permute les électrodes du courant primaire avec celles du courant dérivé, on observe quantitativement et qualitativement le même phénomène, quelle que soit la forme des plaques. Il en est de même en opérant sur une grande plaque carrée de bismuth, les quatre électrodes étant disposées d'une manière quelconque.

La loi déjà connue d'après laquelle la force électromotrice qui naît sous l'influence de l'excitation du champ magnétique, est proportionnelle à l'intensité du courant primaire dans la plaque, a été vérifiée d'une manière très complète par un grand nombre de mesures dans le détail desquelles nous nous dispenserons d'entrer.

Les deux physiciens viennois ont ensuite étudié la variation du pouvoir rotatoire de différents métaux avec l'intensité du champ magnétique.

Voici les substances sur lesquelles ils ont expérimenté: A*l*, S*b*, P*b*, C*d*, C*o*, F*e*, A*u*, C*u*, M*g*, N*a*, N*i*, P*d*, P*t*, A*g*, B*i*, Z*n*, S*n*, C, T*e*, le maillechort et l'acier. Tous ces corps ont été mis sous la forme de lames rectangulaires ; les électrodes du courant dérivé étaient, suivant les cas, des fils de cuivre ou des lames de papier d'étain.

Le courant primaire était mesuré à la boussole des tangentes et le courant dérivé avec un galvanomètre astatique Wiedemann à faible résistance. Le rapport de *e*/I peut aussi être déterminé par une méthode de compensation, en intercalant un élément Daniell dans un circuit dérivé, pris entre deux points du circuit secondaire.

Avant l'excitation du champ magnétique, on doit rendre les deux électrodes du courant dérivé (électrodes de Hall) équipotentielles, ce qu'on fait en reliant l'une d'elles à l'aide d'une résistance appropriée à l'une des électrodes du circuit primaire.

Le pouvoir rotatoire *r* de la majorité des corps étudiés diminue quand l'intensité du champ magnétique augmente ; ce phénomène est surtout sensible pour le bismuth où *r* varie de 7,57 à 2, quand M augmente de 1400 à 16300 (unités CGS). Cette diminution est plus faible pour le cobalt, le fer, l'acier, l'antimoine où *r* semble croître d'abord jusqu'à une valeur maxima, puis s'abaisser ensuite ; elle est presque insensible pour l'or, le palladium et le cadmium et n'a pu être constatée pour le carbone et le tellure.

La variation de *r* est beaucoup plus faible que celle de M pour tous les corps sauf le bismuth ; ce dernier métal présente la particularité que le produit *r* M croît d'abord, passe par un maximum et diminue ensuite.

Le tellure fournit pour *r* une valeur environ 50 fois plus grande que celle du bismuth.

Voici les plus grandes valeurs de r obtenues à une température de 20°, que nous mettons en parallèle avec les valeurs correspondantes trouvées par Hall :

		Hall
Tellure	+ 530	—
Bismuth	— 10,1	— 8,58
Antimoine	+ 0,192	+ 0,114
Charbon	— 0,176	—
Nickel	— 0,0242	— [illegible]7
Acier	+ 0,0175	+ 0,033 trempé
—	—	+ 0,0121 recuit
Fer	+ 0,0113	+ 0,00785
Cobalt	+ 0,00459	+ 0,00246
Sodium	— 0,0025	—
Palladium	— 0,00115	—
Magnésium	— 0,00094	— 0,0035
Argent	— 0,00083	— 0,00086
Or	— 0,00071	— 0,00066
Cadmium	+ 0,00055	—
Cuivre	— 0,00052	— 0,00052
Zinc	+ 0,00041	+ 0,00082
Maillechort	— 0,00053	—
Aluminium	— 0,00038	— 0,0037
Platine	— 0,00024	— 0,00024
Plomb	+ 0,00009	—
Étain	— 0,00004	— 0,00002

La série des corps ci-dessus ne concorde pas avec les séries correspondantes au point de vue de leurs propriétés magnétiques et diamagnétiques ; elle est plutôt en rapport avec celle des propriétés thermo-électriques. Le degré de pureté des corps a une grande influence sur les résultats.

Les auteurs terminent leur mémoire en résumant les principales théories émises jusqu'à maintenant pour expliquer le phénomène de Hall, et en comparant leurs résultats avec les déductions des principales d'entre elles et en particulier avec celles de M. Boltzmann.

A. P.

Sur l'induction unipolaire, par Exner et P. Czermak.

L'année dernière nous avons eu, à plusieurs reprises, l'occasion d'étudier des travaux intéressants sur l'induction unipolaire, travaux qui ont été provoqués surtout par les dernières recherches de M. Edlund ; nous citerons, en particulier, le mémoire de M. Hoppe [1] et nous rappellerons aussi la polémique qui en est résultée entre les deux savants physiciens.

Si l'on peut faire tourner rapidement autour d'un aimant fixe un manchon métallique M (fig. 1) qui le recouvre sur environ la moitié de sa longueur, et que l'on relie deux points a et b de celui-ci par un circuit L renfermant un galvanomètre sensible, on observe entre a et b une différence de potentiel tant que dure la rotation. On sait qu'Edlund explique ce phénomène en admettant dans le manchon M l'existence d'une force électromotrice induite, de nature spéciale ; mais la théorie de Faraday peut aussi rendre parfaitement compte de ce courant, car le manchon coupe

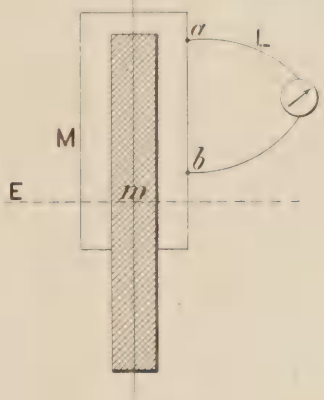


Fig. 1

les lignes de force de l'aimant pendant son mouvement de rotation.

Si l'aimant et le manchon sont animés de la même vitesse, on observe un courant analogue dû, d'après la théorie de Faraday, à la force électromotrice induite dans la partie fixe du circuit L par le mouvement de l'aimant.

On n'a fait, jusqu'à présent, aucune expérience qui ne puisse être expliquée à la fois par les deux théories en présence.

Il suffit de faire participer le manchon et le circuit L, y compris le galvanomètre, au mouvement de l'aimant, pour décider entre les deux théories.

La position réciproque des différentes parties de l'appareil ne variant pas, aucune partie du

(1) *Repertorium der Physik*, vol. XIII.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXI.

circuit ne coupera les lignes de force de l'aimant, en sorte qu'il n'y aura pas de force électromotrice induite, d'après la théorie de Faraday ; si donc on peut en constater une, elle ne pourra être expliquée que par la théorie de l'induction unipolaire d'Edlund.

MM. Exner et Czermak viennent de réaliser cette expérience, en employant l'appareil suivant. Il se compose d'un cylindre de fer doux E*m* (fig. 2) terminé par une pièce cylindrique de laiton *z* et pouvant recevoir un mouvement de rotation rapide autour de son axe ; une des moitiés du cylindre est recouverte d'une bobine magnétisante R et l'autre d'un manchon de laiton M.

Une disposition spéciale permet de faire tourner le cylindre de fer doux et son manchon indépendamment l'un de l'autre ou de rendre ces deux pièces solidaires. Sur le cylindre *z* sont fixés deux disques de laiton K_1 et K_2 dont le second est

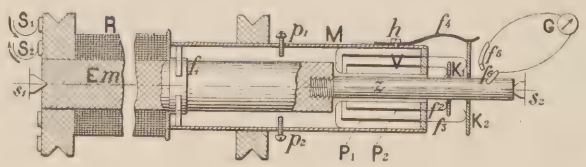


Fig. 2

isolé de l'axe ; des balais frottent sur ces disques et ferment ainsi les circuits de l'appareil.

Le courant induit est amené à un voltamètre à électrodes d'argent participant au mouvement de l'appareil ; celui-ci se polarisait sous l'influence du passage de l'électricité et cette polarisation se constatait au moyen d'un galvanomètre astatique.

Le circuit du courant est formé par le manchon, l'aimant et le voltamètre, c'est-à-dire par M f_1 K_1 f_2 P_1 P_2 f_3 K_2 f_4 sur la figure.

Toute expérience est précédée par l'élimination de la polarisation du voltamètre en le mettant en court-circuit pendant un temps suffisant.

En faisant tourner pendant 15 secondes environ le manchon ou l'aimant, l'autre partie restant immobile, on observe une polarisation se traduisant au galvanomètre par une première élongation de 145 divisions en moyenne.

Si l'on met en mouvement le manchon et l'aimant simultanément en leur donnant la même vitesse, le galvanomètre ne donne qu'une déviation insignifiante d'environ 0,8.

Ces résultats prouvent l'exactitude de la théorie de Faraday et sont en désaccord complet avec la théorie unipolaire d'Edlund. D'après cette dernière, on ne devrait pas trouver les mêmes valeurs pour la force électromotrice induite, selon que l'aimant ou le manchon sont en mouvement, ce qui n'a pas du tout été le cas dans les mesures de M. Exner.

On pourrait objecter à ces expériences que le galvanomètre qui sert en définitive à faire les mesures est resté fixe, tandis que l'aimant est en mouvement, ce qui aurait pu donner naissance à une force électromotrice induite dans cette partie du circuit. Afin de démontrer la nullité de ces objections, MM. Exner et Czermak ont relié directement l'une des bornes du galvanomètre au manchon M et l'autre à l'aimant et ont répété les mêmes mesures. Les déviations observées étant dans le rapport de 215 à 1, on voit que ce fait ne peut modifier en rien les résultats obtenus.

Les conclusions ci-dessus sont complètement d'accord avec celles de M. Hoppe qui s'est attaqué à un autre point de la théorie d'Edlund et qui, comme nous l'avons déjà dit, a prouvé le bien fondé de ces critiques par des expériences différentes de celles-ci.

A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Le stroboscope de M. Auschutz. — Depuis qu'on a réussi à perfectionner la sensibilité des plaques photographiques à un tel point, qu'il suffit seulement d'un millième de seconde pour fixer l'image d'un objet, on a fait beaucoup d'efforts pour parvenir à fixer toutes les phases séparées d'un mouvement rapide, tel que, le vol d'un oiseau, par exemple, le mouvement d'un cheval en pleine carrière, etc.

On peut ainsi faire une analyse, pour ainsi dire, des moments séparés, dont l'ensemble nous donne l'impression d'un mouvement rapide.

En Amérique, c'est M. Muybridge qui a le plus travaillé pour obtenir des photogrammes instantanés ; en France, c'est surtout le physio-

logiste M. Marey, qui s'est occupé de ce problème intéressant.

M. Muybridge a obtenu le meilleur résultat, dans le cas de silhouettes noires, sur un fond blanc. M, Marey, lui, faisait passer devant une paroi sombre, des personnes vêtues de blanc, et obtenait ainsi le résultat contraire. Les contours de ses images claires se dessinaient nettement sur le fond sombre, mais laissaient encore beaucoup à désirer, quant aux détails.

M. Ottomar Auschütz de Lissa, en Allemagne, qui a fait, à ce sujet, des études poursuivies depuis plusieurs années, a été le premier à produire des photogrammes instantanés, d'une netteté parfaite, jusqu'aux détails les plus minutieux.

A l'aide d'appareils extrêmement ingénieux, il a exécuté des séries complètes de photogrammes,

Fig. 1

chaque série représentant les phases d'un seul mouvement.

L'appareil consiste en douze objectifs ; chacun d'eux est relié avec une fermeture instantanée, et celles-ci peuvent être effectuées, l'une après l'autrs, par voie électrique, et à l'aide d'un métronome.

Le dispositif électrique fonctionne de manière que la fermeture des volets commence au moment où l'objet à photographier, dans son mouvement touche à un fil tendu, ou bien, on peut opèrer aussi à la main.

Il est également possible de fixer exactement le temps que dure la photographie de toute une série, à la durée d'un seul mouvement. Ainsi on peut fixer par photographie, 12 ou 24 mouvements pendant un temps qui varie entre 3/4 d'une seconde et 10 secondes.

Ces phases séparées, étant fixées par ce qu'on pourrait appeler une analyse photographique, il est clair qu'il doit être très intéressant de reconstruire le mouvement, par une combinaison synthétique des phases.

Dans ce but M. Auschutz a construit un appareil, dont le principe ressemble à celui d'un jeu d'enfant bien connu.

En voici la description.

Sur un disque de fer *a* (fig. 1), sont fixés une série de photogrammes (1 - 24) ; l'axe de ce disque peut être mis en mouvement par une manivelle. Derrière *a* et à son point le plus élevé, se trouve un tube de Geisler très long et en spirale, renfermé dans une boîte de bois *c* (fig 2), portant une glace transparente de verre *d*, du côté qui est en face des photographies.

Sur l'axe du disque *a* se trouve un dispositif de contact électrique *g*, à l'aide duquel le circuit

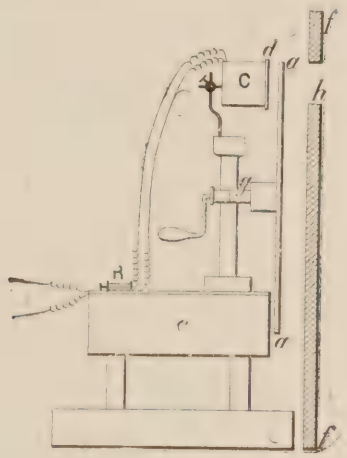


Fig. 2

électrique est fermé au moment où une des photographies se trouve en face de la plaque de verre et le courant d'une bobine d'induction qui est placée en *e*, est lancé dans le tube de Geisler.

La rotation étant rapide, chaque photogramme est alors éclairé pendant environ 1/10000 de seconde, et les différents photogrammes se succèdent si rapidement que l'impression de l'image 1 par exemple n'a pas encore disparu de l'œil, quand l'image 2 y parait déjà ; ce qui fait qu'on voit devant soi l'objet en plein mouvement, de manière à faire illusion.

Dans le parc de l'exposition où actuellement M. Auschutz montre au public de Berlin sa méthode et les résultats acquis, l'installation entière est placée derrière une paroi *f.f.* dans laquelle est pratiquée une ouverture *h*, correspondant à la grandeur des plaques photographiques.

On ne peut douter que cette méthode analytique

synthétique de fixation et de reproduction des mouvements rapides, ne soit d'une grande valeur, aussi bien pour les sciences que pour les arts.

Il parait qu'on se propose de faire une série de photogrammes instantanés (à l'aide de la méthode de M. Auschutz) des phénomènes qui ont lieu quand le projectile d'une arme à feu atteint son but, phénomènes qu'on ne connait pas encore dans leurs détails, mais qui permettront de tirer des conclusions sur les conditions du tir.

La fabrique électrotechnique de Cannstadt a construit un nouveau dispositif permettant de faire marcher une machine dynamo dans les deux sens.

Je me contente d'attirer plus spécialement l'attention de vos lecteurs sur ce dispositif, sans le décrire, votre collaborateur P. Clemenceau en ayant donné la description dans son résumé des brevets français. Je ne puis encore vous dire si ce dispositif qui parait assez rationnel a été appliqué par la fabrique de Cannstadt et quels résultats on en a obtenus. Dr H. Michaelis

Angleterre

Les fils télégraphiques souterrains. — M. Preece a publié dernièrement une brochure sur le maximum de la distance à laquelle on peut correspondre au moyen du téléphone; depuis, les électriciens du département des Postes et Télégraphes ont fait des expériences dans le même sens au moyen de fils souterrains.

La vitesse du courant varie en rapport inverse du produit de la résistance et de la capacité totale de la ligne, et les expériences out été faites en vue de constater les résultats d'une augmentation de diamètre du conducteur et d'une diminution de la capacité statique de la ligne.

Pour effectuer cette diminution, il fallait un isolateur à bon marché, car le diélectrique devait être plus épais au fur et à mesure qu'on augmentait le diamètre du conducteur.

On adopta comme matière isolante la *bittite* de M. Callender, une matière vulcanisée à base de bitume *pur*, qui supporte une haute température, de sorte que, lorsqu'on place un fil isolé à la bittite dans une canalisation, on peut verser du bitume fondu tout autour.

La canalisation était formée de tubes en bitume, divisés en sections de 2 mètres de longueur reliées ensemble. Les fils sont séparés par des diaphragmes perforés placés de distance en distance. Le tout est rempli de bitume fondu. De cette façon la capacité électrostatique des fils était réduite à 0,08 ou 0,085 microfarad par kilomètre, au lieu de 0,188 comme dans le cas des tuyaux en fer.

Par un temps humide, cette capacité s'élevait à 0,1 ou 0,11 microfarad par kilomètre, probablement parce que le ruban qui recouvrait le fil absorbait de l'humidité. On a essayé différents rubans, mais les meilleurs résultats ont été obtenu sans aucun intermédiaire entre le fil et le diélectrique.

Le meilleur diamètre à donner aux conducteurs est de 2,4 m.m. Ce conducteur est 6 1/2 fois meilleur au point de vue de la transmission que le fil de cuivre n° 18 (1,25 m.m.) couvert de gutta, et les frais sont à peu près les mêmes.

Les expériences qui ont été faites avec une isolation défectueuse ont prouvé que la ligne doit être bien isolée.

La Cie Callender destine ces conducteurs de bittite plutôt pour les communications entre les grandes villes, et pour obtenir une transmission télégraphique rapide, que pour les services urbains.

Le telphérage. — Nos lecteurs se rappellent sans doute l'essai de telphérage fait par MM. Fleming Jenkin et Perry, à Glynde en Sussex; depuis l'achèvement de la ligne, de nombreux essais ont été faits, et on a opéré un certain nombre de modifications.

En particulier, pour les motteurs, on a définitivement adopté le système Immisch que vous connaissez. Le modèle employé pour le moment a une armature de 100 m.m. de diamètre, il pèse 40 kilogrammes et développe un cheval à 1700 tours par minute.

Les tiges d'acier qu'on employait autrefois pour la ligne elle-même, ont été remplacées par des câbles en fil d'acier, qui durent plus longtemps que les tiges. Ces câbles ont une section de 17 c.m². Ils ne forment cependant pas comme les tiges le conducteur principal, mais il y a un conducteur séparé, formé par un autre câble en fils d'acier d'une section de 6,7 c.m². Le contact entre le moteur et les conducteurs a lieu au moyen d'une poulie mobile. L'autre câble supporte le train et sert en même temps de communication à la terre. La dynamo génératrice y est donc également reliée.

La moyenne de la force électromotrice sur cette ligne est de 170 volts et l'intensité du courant utilisé par les trois trains est d'environ 20 ampères, sur lesquels 2 sont perdus par suite de la mauvaise isolation. On obtient une vitesse très régulière de 6,4 kilomètres à peu près par heure.

Les trains sont mis en mouvement sans aucun choc au moyen d'un jeu de résistances qui règle l'intensité du courant.

Le régulateur du professeur Fleeming Jenkin qui coupe le courant quand la vitesse de l'armature dépasse une certaine limite fonctionne très bien ; la rupture du circuit se fait entre un contact de charbon et un contact de cuivre. Les collecteurs du moteur sont enduits de vaseline au bout de chaque voyage.

Les illuminations a l'occasion du jubilé. — La lumière électrique a joué un grand rôle dans les illuminations à l'occasion du Jubilé de la Reine ; on avait fait un grand nombre d'installations provisoires avec des accumulateurs.

Des centaines de lampes ont été installées pour des bals, réceptions, etc. ; par exemple, chez le prince de Galles, le duc de Leeds, le duc de Westminster et d'autres. L'*Electric Power Storage C°* a fourni les accumulateurs pour toutes ces installations, ainsi que pour des lampes placées à l'intérieur des maisons et dans les jardins.

Dans quelques endroits, des lampes avec globes en couleur étaient disposées de manière à former le monogramme V. R. (Victoria Regina)

La façade de la maison occupée par l'*Institut of Civil Engineers* et où la *Society of Télégraph Ingeneers and Electricians* tient ses séances était éclairée avec 500 lampes à incandescence.

J. Munro

Etats-Unis

Une nouvelle pile primaire. — *La Lumière Électrique* a donné, il y a quelque temps, la description d'une pile constante imaginée par M. le docteur Orazio Lugo de New-York, dans laquelle on évite tout dépôt sur l'élément négatif. Mais les deux solutions, alcaline et acide, se neutralisent bientôt, à cause de la grande affinité chimique, et malgré leur séparation par un vase poreux, aussi, la force électromotrice n'est-elle pas constante.

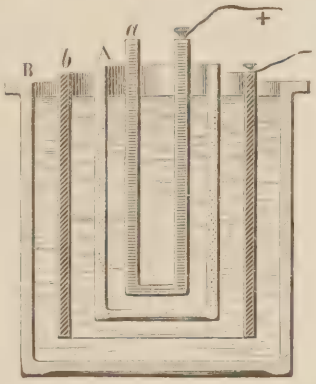
Pour remédier à cet inconvénient, le docteur Lugo a dernièrement imaginé un procédé, grâce auquel il prétend obtenir une force électromotrice plus grande, et conserver la pile, en empêchant le mélange des solutions alcaline et acide.

Il a trouvé que, lorsque les électrodes d'une pile sont en contact respectivement avec des solutions alcaline et acide, on peut presque entièrement empêcher le mélange des liquides, en ajoutant à l'acide un sel métallique.

La figure 1 représente un modèle de cette pile, dans laquelle l'auteur emploie le zinc pour l'une des électrodes, tandis que l'autre peut être en charbon ; elles sont en contact avec deux liquides, dont l'un est alcalin et l'autre un acide contenant un sel.

Le charbon *a* se trouve dans un vase poreux A, qui contient de l'acide nitrique et une dissolution de nitrate de cuivre.

Dans le vase extérieur B, généralement en verre



se trouve l'électrode de zinc *b*, et on y verse une solution d'un alcali caustique, comme de la soude caustique.

Les deux électrodes sont ainsi en contact avec trois liquides différents.

Le docteur Lugo prétend avoir obtenu une force électromotrice de 2,5 volts après montage et, après 264 heures de court-circuit, elle était encore de 2,4 volts.

L'élément comprenait un zinc amalgamé plongé dans une solution de soude caustique à 40° Baumé; et dans le vase poreux, deux tiers d'acide nitrique à 35° Baumé, et un tiers d'une solution de nitrate de cuivre à 35° Baumé.

En variant les dimensions des deux parties de la pile, on peut obtenir un courant quelconque ; on obtient les mêmes résultats en changeant les proportions de l'acide nitrique et du nitrate de cuivre.

Le nitrate de cuivre augmente la résistance intérieure de la pile.

Il est également préférable de varier la concentration de la solution alcaline, inversement à la densité de la solution de l'acide et du sel.

On peut employer d'autres acides et d'autres sels métalliques, comme de l'acide chlorhydrique et du chlorure de cuivre, ou de l'acide sulfurique et du sulfate de cuivre.

La force électromotrice varie naturellement selon le sel et l'acide qu'on emploie, de même que l'uniformité du courant dépendra de l'action du mélange de sel et d'acide sur le métal déposé sur le charbon.

Le sulfate de cuivre et l'acide sulfurique, par exemple, n'empêcheront pas un dépôt de cuivre sur le charbon sans la présence d'acide nitrique.

Dans notre dernière correspondance, nous avons résumé l'important travail du professeur Élihu-Thomson sur les courants alternatifs ; nous donnerons aujourd'hui un court résumé de travaux moins importants, présentés également à l'assemblée annuelle de l'*Institut of Electrical Engineers*.

Variations du coefficient de température du fil d'un rhéostat de précision. — En 1884, l'Université de Cornell avait commandé à MM. Latimer Clark, Muirhead et C°, à Londres, une boîte de résistance avec pont de Wheatstone de haute précision.

Il était spécifié entre autres que les résistances devaient être exactes entre elles à 1/100 o/o. Cette condition n'ayant pas été remplie, le rhéostat fut retourné pour un nouvel étalonnage et à son retour les différences surpassaient encore 1/1000/o. Cependant l'appareil fut accepté et il servit entre autres à des mesures dans le cours de l'hiver dernier, mesures qui ont conduit M. le professeur W. A. Anthony à faire les observations intéressantes qui vont suivre.

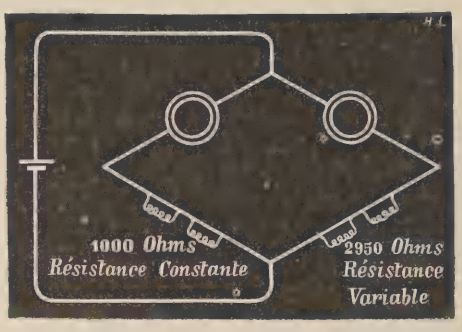
Il s'agissait de déterminer le rapport entre les résistances de la bobine fixe et de la bobine mobile du grand galvanomètre de l'Université de Cornell. Les deux bobines était placés dans les branches du pont, comme l'indique la figure 1. Suivant que les mesures étaient faites à une température de 20° ou de 2° environ, le rapport était différent, il variait de 2,953 aux températures voisines de 20°, à 2,9495 pour des températures de 1,7 à 3,8°.

Il y a donc une différence de plus de 1/10 o/o dans la variation de la résistance avec la température.

Un examen approfondi montra bientôt que les différences ci-dessus ne pouvaient provenir que des variations dans les bobines du rhéostat et non de variations dans celles du galvanomètre ; car, le rhéostat et le pont ayant été placés à une température constante, et le galvanomètre à une température variable, le rapport restait invariable.

On voit donc que le coefficient de variation de la résistance du rhéostat avec la température n'est pas la même pour toutes les bobines; il est alors parfaitement explicable pourquoi le constructeur ne pouvait pas parvenir à étalonner sa boîte de résistance à plus de 1/10 o/o.

Des différences pareilles peuvent facilement se



rencontrer dans des fils pris au hasard dans différentes boîtes et même dans des fils étirés du même barreau de métal. Il est évident aussi que le diamètre du fil influe aussi sur le coefficient de température de la résistance; car le fil est plus ou moins trempé et subit une modification moléculaire plus ou moins grande qui en modifie la résistance spécifique, s'il est soumis à un nombre plus ou moins grand d'étirages successifs. C'est pourquoi il serait important de n'employer dans la construction des rhéostats de haute précision que du fil de même diamètre et étiré du même bloc de métal, afin qu'on soit sûr d'avoir un fil de même constitution chimique et de même état moléculaire. On construirait alors les bobines de faible résistance, en groupant plusieurs fils parallèlement, tandis que celles de grande résistance seraient constituées par des groupements en série.

Sur les changements du coefficient de température des filaments de charbon. — M. Anthony, à l'occasion de mesures faites sur quelques lampes à incandescence, a également eu l'occasion de constater un fait assez anormal : la résistance du filament de charbon augmentait avec la différence du potentiel aux bornes ; on sait que cette résistance diminue, en général, quand la température augmente. Dans le cas dont s'est occupé M. Anthony, ce changement dans la marche de la résistance avait déjà lieu à une température assez basse, et l'augmentation de résistance avec la température continuait à suivre une marche régulière jusqu'à ce que la lampe fut poussée à fond. En revenant en arrière, la résistance du filament était plus grande qu'auparavant, ce qui indique bien une modification de sa constitution moléculaire.

Il n'a malheureusement pas été possible à M. Anthony de faire assez de mesures précises pour pouvoir citer des chiffres exacts à l'appui de sa communication ; il espère cependant pouvoir combler cette lacune.

M. Thomson, se rattachant à la communication de M. Anthony, a fait remarquer qu'un fait analogue a déjà été observé à plusieurs reprises ; à partir d'une certaine intensité lumineuse de la lampe, la résistance du filament devenait constante, et commençait ensuite à augmenter régulièrement avec l'intensité lumineuse.

Il a eu, en outre, l'occasion de constater un autre fait curieux sur des lampes à incandescence destinées à fonctionner sur des circuits de foyers à arc avec des courants de 6, 8 à 10 ampère et des intensités lumineuses de 32, 65 et 125 bougies ; après un fonctionnement de 200 à 300 heures, la résistance du filament de ces lampes a diminué sensiblement, après quoi elle augmente de nouveau régulièrement. Le phénomène semble dépendre du temps et de l'intensité lumineuse à laquelle les lampes sont poussées.

Les accumulateurs dans la pratique.— M. Roberts qui est depuis longtemps à Cheyenne à la tête d'une entreprise d'éclairage électrique par incandescence où les accumulateurs sont employés sur une grande échelle, a pu faire beaucoup d'observations très intéressantes et amasser à ce sujet des connaissances pratiques fort utiles, qu'il a communiquées à l'Institut américain des ingénieurs électriciens.

M. Robert dispose actuellement d'une batterie de 1,200 éléments qui sont chargés pendant la nuit et employés pendant le jour à fournir le courant nécessaire à la distribution de la force, qui actuellement n'est pas encore très développée.

Les vases en verre et les isolateurs en verre entre les électrodes de plomb, auxquels on s'est arrêté après nombre d'essais ont donné de forts bons résultats. Les éléments reposent, en outre, sur un trépied paraffiné placé sur des isolateurs en porcelaine ; on obtient de cette manière un isolement excellent.

Quant à ce qui concerne l'emploi des accumulateurs pour l'éclairage par les lampes à incandescence, on ne peut pas le recommander dans le cas où le gaz, étant bon marché, il n'y a qu'un petit nombre de lampes à alimenter situées à des distances considérables les unes des autres. Dans le cas d'une plus grande installation il est préférable de grouper tous les circuits en arcs parallèles sur la même batterie ; car le réglage de l'intensité du courant et de la force électromotrice nécessaire est alors beaucoup plus facile et on peut aussi plus facilement satisfaire à une augmentation passagère du nombre de lampes à alimenter.

Lorsque chaque abonné est desservi par une batterie spéciale, il arrive souvent qu'en éteignant une ou plusieurs lampes, l'intensité lumineuse des autres est augmentée d'autant, ce qui donne lieu à des réclamations de l'abonné, celui-ci exigeant que toutes les lampes donnent une intensité lumineuse plus grande que la normale ; on pourrait à la rigueur obvier à cet inconvénient en combinant un commutateur automatique qui réglerait l'intensité lumineuse et la rendrait constante même lorsque plusieurs lampes seraient mises hors circuit.

Il est aussi de la plus grande importance, pour obtenir un bon rendement, de charger les accumulateurs avec un courant constant et d'effectuer, autant que possible, la décharge dans les mêmes conditions.

A la suite de cette communication, M. Mailloux a insisté sur les avantages qu'on retire en installant en un certain nombre de points des batteries d'accumulateurs desservant un circuit restreint ; on peut alors employer des potentiels élevés pour effectuer la charge des batteries et il en résulte une économie très considérable dans les conducteurs employés.

Cette économie peut être, suivant les cas, assez grande pour recommander l'usage de ce système. A ce propos, M. Wetzler [1] rappelle l'installation de Havesford, en Pensylvanie, qu'il a déjà décrite précédemment et qui a été établie sur des bases analogues.

Il y a actuellement plus de 600 éléments en service ; on ne connaît cependant pas encore assez les conditions de fonctionnement de cette installation pour pouvoir donner des détails plus complets sur les résultats obtenus.

J. Wetzler

VARIÉTÉS

QU'EST-CE QUE

LA MERVEILLEUSE MACHINE

MAICHE ?

L'incendie de l'Opéra-Comique ayant enfin créé dans le public, un mouvement intense en faveur de l'éclairage électrique, le public commence à se préoccuper sérieusement des moyens pratiques dont l'industrie dispose, pour substituer au gaz une lumière plus belle, moins chère et surtout moins dangereuse.

On se remue de tous côtés, les uns demandent la lumière, les autres l'offrent.

Naturellement les réclames vont leur train, et comme, depuis 10 ans, chacun a inventé sa lampe, sa machine ou sa pile, les offres de toutes natures dépassent les demandes.

En attendant que les grandes usines centrales se soient enfin installées, chaque poseur de sonnettes vous sollicite en faveur de son *ours* ; Moi, dit l'un, j'ai la pile étonnante qui ne coûte rien et dont un seul élément suffit pour un appartement ; moi, s'écrie l'autre, je vends la lampe qui donne la lumière la plus douce et la plus vive à la fois ; moi, enfin, prétend un troisième, je puis fournir à mes clients, une machine merveilleuse qui tourne toute seule, et qui, pouvant tenir dans un chapeau, suffit à alimenter cinquante lampes à 20 bougies.

Tout cela, c'est très bien, et la *Lumière Électrique* est personnellement trop heureuse de voir enfin sa cause triompher pour se plaindre, et chercher à combattre les électriciens qui essaient de placer leurs marchandises.

Chacun fait sa réclame comme il l'entend, nous n'avons rien à y voir. De même nous n'avons pas de parti pris pour l'un ou pour l'autre et nous ne nous serions pas occupé de ce genre d'annonces, si un article du *Figaro* ne nous avait pas pris tout à coup au dépourvu.

En effet, tant que les inventions nouvelles sont attribuées à M. Durand ou à M. Martin, nous ne nous inquiétons guère de ce dont il s'agit; la lampe Durand, la machine Martin, c'est fort naturel, mais, quand on nous sert tout à coup un nom connu, à côté d'une machine invraisemblable, nous sommes bien obligé, ne serait ce que par devoir professionnel, de demander de qui l'on se moque, et jusqu'où va la fumisterie. — Fumisterie, vous trouverez peut-être le mot vif? Je ne dis pas non ; mais pourtant, voyez donc bien ce qu'on écrit :

La lumière électrique à bon marché

« Tout le monde parle de remplacer le gaz par l'électricité ; mais on oublie à quel prix il a été possible d'obtenir jusqu'à ce jour l'éclairage électrique.

« Ces *dernières objections disparaissent par suite d'une invention qui arrive on ne peut pas plus à propos*. M. Maiche, l'ingénieur électricien dont les découvertes pratiques en électricité sont connues partout, vient d'inventer une machine au moyen de laquelle on obtient l'électricité à un *prix de revient absolument inattendu*.

« On sait que l'électricité peut être fournie soit par des piles qui sont en réalité des fourneaux dans lesquels on brûle du zinc au lieu de charbon, ce qui ne peut pas être bien économique, soit par des machines dites magnéto ou dynamo-électriques, qui transforment successivement la force motrice en magnétisme, puis en électricité.

« Ces machines, dans lesquelles on met en mouvement des aimants ou des électro-aimants, sont munies d'organes mécaniques très délicats, nommés collecteurs, et l'électricité est recueillie au moyen de balais métalliques.

(1) Voir *La Lumière Électrique* v. XXIV, p. 118.

« Dans la machine inventée par M. Maiche, il n'y a plus rien de tout cela : *ni collecteur, ni balai, ni commutateur.*

« Les masses en mouvement sont réduites à leur plus simple expression. L'allumage soit d'une, soit de toutes les lampes alimentées par la machine, ne change rien à la marche. »

« *En somme, le rendement est si considérable qu'il reste à trouver une théorie pour l'expliquer.*

« Les dispositions générales sont telles qu'il n'y a aucune chance d'incendie possible, car les conducteurs n'ayant, sur leur parcours, aucune solution de continuité, il ne peut se produire la plus petite étincelle.

« Les malheureux architectes qui sont aux prises avec la commission des théâtres, et qui voudraient ne pas voir leurs clients réduits à la dernière misère, feront bien d'étudier la machine Maiche, dont *l'adoption s'impose*, par le temps de disette que nous traversons.

« Avec une *même dépense*, l'inventeur, en effet, *obtient un pouvoir éclairant de mille bougies*, là où les dynamo-électriques ordinaires n'arrivent à peine *qu'à deux cents.*

Signé : « F. Jourdain »

Maiche?... Mais oui, M. Maiche est connu. Il a fait un peu de tout, M. Maiche ; mais personne ne lui connait pourtant une machine sans collecteur, sans balai, ni commutateur. Ayant alors demandé à tous les gens que je rencontrais, s'ils avaient connaissance de la chose, et, n'ayant pu obtenir le moindre éclaircissement, je m'avisai de fouiller dans la liste des brevets, pris par l'inventeur, pour voir si la merveilleuse invention ne s'y trouvait pas.

Elle s'y trouvait, en effet, la merveilleuse machine, elle s'y trouve, tout le monde peut la voir ; mais, hélas ! quelle déception, quelle désillusion amère j'éprouvai lorsque, après avoir lu la prose de ce pauvre M. Jourdain, je jettai les yeux sur le brevet n° 181007 du 17 janvier de cette année.

Le brevet, lui, est moins explicite peut-être, mais il gagne en clarté ce qu'il perd en poésie. Là nous trouvons deux images, qui montrent deux types différents de la machine en question.

(Fig. 1) B un électro fixe dont p, p' sont les épanouissements polaires, devant lesquels tourne un aimant n, s.

(Fig. 2) Les électros B B′ B″ sont multiples ; au lieu de faire tourner un aimant, on en fait tourner deux et, comme dans la précédente, pas de balai, pas de collecteur, rien, moins que rien. Voyez-vous, mon pauvre M. Jourdain, on s'est moqué de vous : M. Maiche vous a émerveillé en vous servant, sous une forme différente, la machine

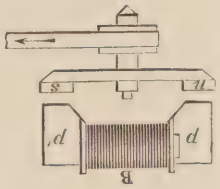


Fig. 1

avec laquelle tous les professeurs de physique dans les lycées font des expériences élémentaires, et vos souvenirs de collège étant trop loin, vous êtes avec simplicité tombé dans le panneau.

En revanche, M. Maiche n'a pas d'excuse. Il est de ceux qui doivent savoir ce qu'ils font, il ne pouvait douter une minute de l'enfantillage, qu'il n'avait même pas le mérite d'avoir inventé, car faire tourner un aimant devant un électro, ne suffit pas pour constituer une machine. Si l'on peut obtenir, sans collecteur, des courants alternatifs, tout le monde sait que ces courants ne sont bons qu'à donner des petites secousses désagréables aux personnes qui s'amusent à toucher les deux

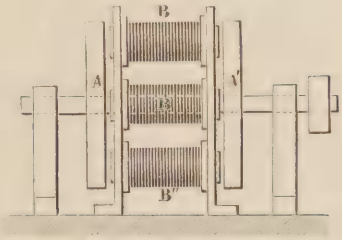


Fig. 2

bornes de la machine : M. Maiche sait tout cela et l'on ne voit même pas bien quel intérêt il peut avoir à faire faire, autour de son nom, une réclame aussi ridicule.

Dans votre article, M. Jourdain, il n'y a qu'une ligne d'exacte : c'est celle où vous dites que, pour expliquer le si considérable rendement, une théorie nouvelle est à faire.

Elle est à faire, je le crois bien, et pour cause !

Cherchez-la si bon vous semble ; mais en tout cas permettez-moi un conseil :

Ne vous lancez plus sur des sujets que vous ne connaissez pas, si vous tenez à ce que vos lecteurs vous prennent au sérieux.

P. Clemenceau

BIBLIOGRAPHIE

Sur l'emploi de l'électricité pour la transmission du travail a distance, par J. Boulanger, capitaine du génie. — (Paris ; Gauthier-Villars ; 1887).

Le travail que publie aujourd'hui M. J. Boulanger, peut être considéré comme faisant suite à une brochure parue il y a un peu plus d'un an et ayant pour titre : *Sur les progrès de la science électrique et les nouvelles machines d'induction.*

L'auteur nous explique dans sa préface comment il a été amené à publier l'ouvrage que nous avons sous les yeux, et rappelant la brochure précitée il écrit : « Cette brochure, était dans sa plus grande partie, presque exclusivement théorique, il nous avait paru nécessaire, en effet, avant d'aborder, comme nous en avions l'intention, l'étude des applications de l'électricité et en particulier du transport de la force, d'exposer rapidement l'ensemble des théories sur lesquelles reposent ces applications afin de permettre au lecteur de se rendre compte des progrès réalisés et des difficultés vaincues. »

« Malheureusement, tout en cherchant à être aussi bref que possible, l'exposé de ces théories nous entraîne dans des développements plus considérables que nous ne l'avions prévu, et ce qui devait être l'introduction et la partie accessoire de notre travail en devint, au contraire, la partie principale, qui fut publiée sous le titre que nous rappelons ci-dessus. »

Bien que faisant suite à un autre ouvrage, la brochure publiée aujourd'hui forme un tout complet.

Elle comprend trois parties principales, trois chapitres, des notes et un appendice.

Le premier chapitre est absolument théorique : c'est un exposé rapide et clair des théories et des formules qui figurent dans les différents travaux de M. Marcel Deprez, relatifs au transport de la force. On trouve là un excellent résumé théorique de la question ; on peut cependant regretter que l'auteur n'ait pas fait dans cette partie de son livre une petite place aux travaux des savants qui, concurremment avec M. Marcel Deprez, se sont occupés de cette même question.

Le deuxième chapitre comprend l'historique du moteur et du transport de la force. Cette partie est très complète. Nous y trouvons tout d'abord, dans l'ordre chronologique, les différents types de moteurs, depuis le moteur Joseph Henry (1831) jusqu'au marteau pilon de M. Marcel Deprez, puis le récit des expériences, désormais historiques, sur le transport de la force.

L'auteur signale les divers essais qu'on a vu se produire depuis la première expérience publique faite le 3 juin 1873, par MM. Fontaine et Breguet, à l'exposition de Vienne, et donne les résultats principaux des expériences de Munich, de la gare du Nord et de Grenoble, les seules où l'on ait procédé à des mesures exactes. Les expériences de Creil font l'objet du troisième chapitre, qui comprend la description détaillée des machines génératrice, réceptrice et excitatrice, et des tableaux très complets où figurent les résultats des mesures effectuées au cours des divers essais.

Les notes placées à la suite du troisième chapitre contiennent la description des principaux appareils de mesure, employés tant à Creil qu'à Paris : dynamomètre de transmission, frein de Prony, frein de Carpentier et galvanomètre Deprez-d'Arsonval, rendu proportionnel par Marcel Deprez.

M. F. Boulanger signale enfin, dans un appendice, qui termine sa brochure, les expériences de M. Hippolyte Fontaine au laboratoire de la Compagnie électrique ; on se rappelle que ses expériences ont fait l'objet d'une note présentée à l'Académie des Sciences.

Il faut, en somme, savoir gré à M. F. Boulanger de nous avoir donné ce travail assez ingrat, mais, incontestablement, très utile ; car il réunit en un tout fort bien ordonné des documents que on était, jusqu'à présent, obligé d'aller chercher un peu partout. C'est un compte-rendu précieux qui signale exactement l'état actuel de la question du transport de la force par l'électricité.

B. Marinovitch

RÉSUMÉ DES

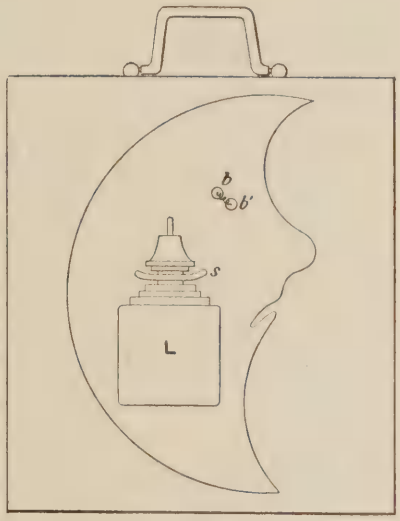
BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

180208. — 10 décembre 1886. — DELFORGE ET KUPFFERT. — ALLUMEUR ÉLECTRIQUE PORTATIF.

Ne vous laissez pas effrayer par la figure ci-jointe; cette demi-lune n'a rien d'électrique, elle n'est là que pour l'ornementation.

Elle n'est pas absolument indispensable à l'appareil, et



ne constitue qu'un moyen de séduction à l'endroit du client.

En effet, l'appareil de MM. Desforge et Kupffert se compose d'une boîte, renfermant une pile et un mécanisme de contacts que vous allez deviner. L est une lampe à pétrole soutenue par une fourche *s*, et *b b'* sont des bornes reliées entre elles par un fil de platine.

La lampe étant éteinte et mise en place, si à la main, vous l'approchez des bornes *b b'* (œil de lune), dans ce mouvement, le support *s* fermera le courant sur le fil de platine.

Celui-ci, incandescent, allumera la lampe qui, abandonnée à elle-même, reprendra sa position en coupant le circuit, et la demi-lune enchantée vous apparaîtra souriante.

180181. — COMTE RODOLPHE DE MONTGELAS. — 9 décembre 1886. — PERFECTIONNEMENT DANS LES PILES GALVANIQUES.

En général, dans les piles, l'électrode positive est composée d'une plaque ou tige de charbon ou de cuivre. Le cuivre, évidemment, est cher et les piles fortunées peuvent seules se l'offrir.

Le charbon est meilleur marché, mais sa résistance est variable suivant sa composition, et il est susceptible de se casser ou de s'émietter, et pour ces raisons, M. Montgelas vous offre l'aluminium.

Prenez, vous dit-il, des électrodes d'aluminium. C'est un métal léger, solide, inoxydable, bon conducteur ; on peut le fondre, le mouler à volonté, en un mot, il a tous les avantages.

Pourtant. si vous résistez à l'invitation, et conservez le charbon comme électrode, prenez pour celui-ci des pinces en aluminium, et ainsi vous éviterez l'action locale due au cuivre, action qui, tout en désagrégeant le contact, crée un courant contraire à celui de la pile.

Ainsi parle M. le comte de Montgelas dans son brevet du 9 décembre 1886.

180257. — 11 décembre 1886. — SALVAT. — EXTRAIT LIQUIDE POUR PROLONGER LA DURÉE DES PILES, SUPPRIMER LES EFFLORESCENCES, L'USURE DU ZINC, CELLE DU CUIVRE, ET ASSURER LA RÉGULARITÉ DU COURANT.

L'extrait qui fait toutes ces belles choses a été obtenu par M. Salvat en brûlant du bois dans un vase clos à une haute température.

Cet extrait liquide, quel est-il ?

M. Salvat ne peut pas le dire, mais il affirme qu'en en faisant usage dans les petites piles Callaud, un élément peut durer deux ans sans qu'on y touche, et pour cela ne coûte que deux sous de plus au client.

Nous essaierons, et dans 24 mois nous vous dirons ce que nous en pensons.

180292. — RICHARDS ET LONDON. — 15 décembre 1886. — APPAREIL PERFECTIONNÉ POUR LE FORAGE DES PUITS TRÈS PROFONDS, POUR L'EAU, LA HOUILLE, ETC., A L'AIDE DE L'ÉLECTRICITÉ

Il s'agit ici d'un transport d'énergie électrique, et de la construction d'un récepteur s'adaptant spécialement au genre de travail mentionné dans le titre. C'est extrêmement simple.

L'appareil perforateur se compose, en effet, d'un cylindre métallique très étanche, renfermant un moteur électrique plus ou moins quelconque, dont l'axe de l'induit seul, sort à l'extérieur du cylindre.

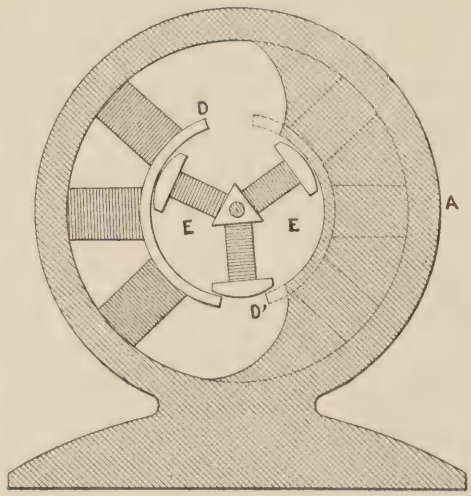
L'extrémité de cet axe est disposée de manière à recevoir un forêt, ou tout autre outil de ce genre. Avec cela, si vous admettez qu'au moyen de câbles on descende dans un puits un engin de cette sorte, et qu'on y lance un courant électrique, vous comprendrez qu'avec le perforateur animé d'un mouvement de rotation rapide, on pourra

creuser au fond du puits tous les trous qu'on voudra. Tout le temps du travail, l'appareil sera naturellement soutenu par les câbles, de manière à faire agir son poids plus ou moins sur le forêt, suivant la dureté de la roche entaillée.

180283. — 14 décembre 1886. — EDGERTON. — MOTEUR ÉLECTRIQUE.

La figure jointe au texte est une coupe transversale du moteur breveté par M. Edgerton. Le champ magnétique y est formé par un cylindre A, à l'intérieur duquel sont deux pièces polaires D D', placées l'une en face de l'autre, garnies d'un ou plusieurs électro-aimants ayant de chaque côté un épanouissement commun.

L'armature est composée d'un moyeu à section triangulaire sur les faces duquel sont montées des bobines rayonnantes, dont la longueur est naturellement égale à celle du cylindre.



Celui-ci est d'un seul morceau. A ses extrémités il est fermé par deux demi-sphères qui portent les coussinets, et de la sorte, tout l'appareil est enveloppé.

Le but de M. Edgerton a été de simplifier la construction, autant que possible, et de doner une grande rusticité à son appareil.

180226. — 11 décembre 1886. — WODICKA. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX ARMATURES DES MACHINES DYNAMOS-ÉLECTRIQUES.

Le perfectionnement de M. Wodicka est intéressant en ce sens, qu'il permet, dans une machine genre Pacinotti, d'employer un collecteur yant un nombre de lames moitié de celui des sections.

Les figures 1 et 2 sont des schémas, montrant la connexion des fils, aux lames du collecteur, pour le cas le

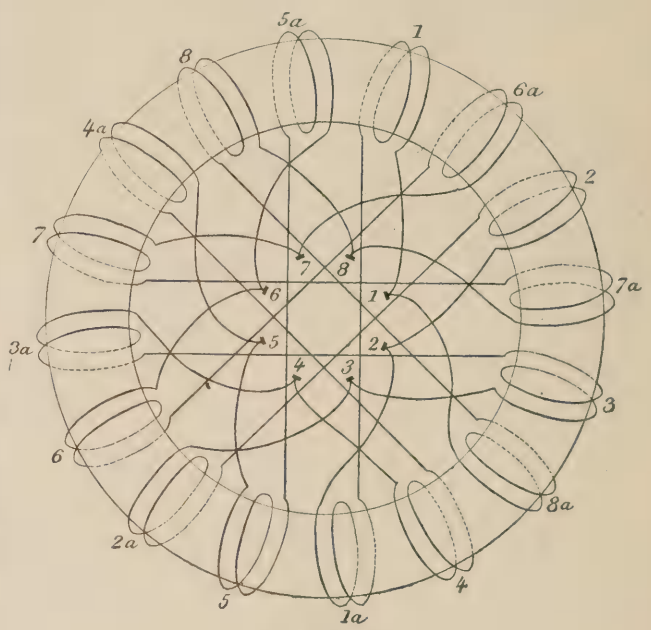


Fig. 1

deux et quatre pôles inducteurs. La lecture du dessin se fait d'elle-même.

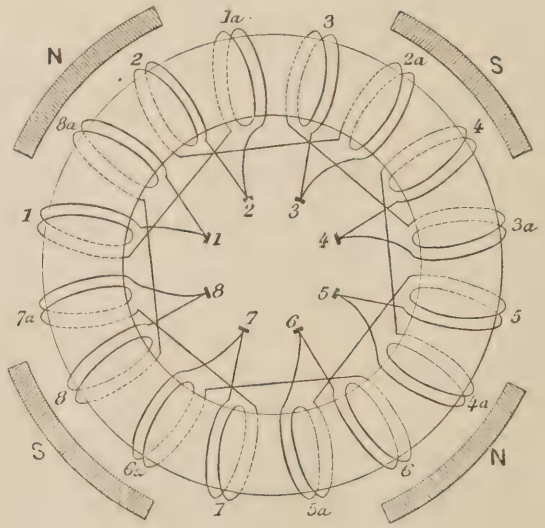


Fig. 2

Si en effet nous supposons (fig. 1) 6 sections, 1, 2, 3....., 8, 1_a, 2_a, 3_a....., 8_a, et un collecteur de 8 lames, le circuit partant de la lame (1) s'établira ainsi :

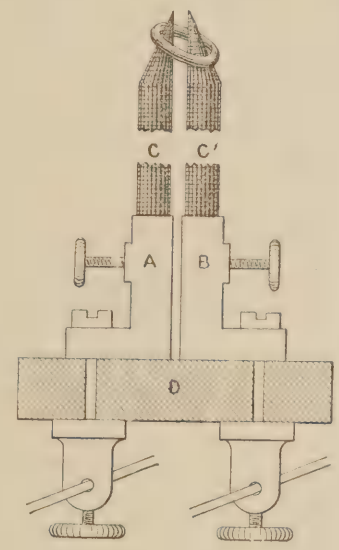
Lame 1, section 1, section 1_a, lame 2, section 2....., lame 8, section 8, section 8_a, lame 1.

De même, figure 2, pour le cas des quatre pôles, nous aurons la même connexion : lame 1, section 1, section $1_{\prime\prime}$, lame 2, etc.; les positions relatives des sections sur l'anneau, constituent seules la différence.

180244. — 16 décembre 1886. — M. MILLION. — NOUVELLE INSTALLATION DE CHARBONS PARALLÈLES POUR LA PRODUCTION DE L'ARC VOLTAIQUE.

Eh bien oui, vous le voyez par la figure ci-jointe : c'est la bougie Jabloschkoff, sans colombin et à charbons parallèles. D un support isolant, A et B des pièces métalliques auxquelles les charbons C et C' sont fixés.

Pour l'allumage, ces charbons sont taillés en pointe, et



une petite bague de cuivre fait le contact nécessaire à la mise en marche.

On peut même employer une bague de caoutchouc, qui, si elle n'est pas conductrice, force les pointes C et C' à venir en contact.

Nous souhaitons à M. Million d'en gagner un grand nombre avec sa *bougie*.

180302. — 15 décembre 1886. — PEDLEY. — PERFECTIONNEMENTS AUX POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES OU AUTRES EN EN FER OU EN ACIER.

Pour les gens qui aiment les idées simples, voilà un brevet qui leur fera plaisir.

M. Pedley, en effet, ayant remarqué que dans le monde entier on fait un usage considérable de poteaux télégraphiques, et autres, a songé à utiliser pour ces derniers les vieux rails et les vieilles poutrelles de toute sorte, hors d'usage.

Vous me direz peut-être qu'il n'y a pour cela qu'à prendre ce rail ou cette poutrelle, et la fixer en terre ?

C'est vrai : M. Pedley a été plus ingénieux. Il a voulu

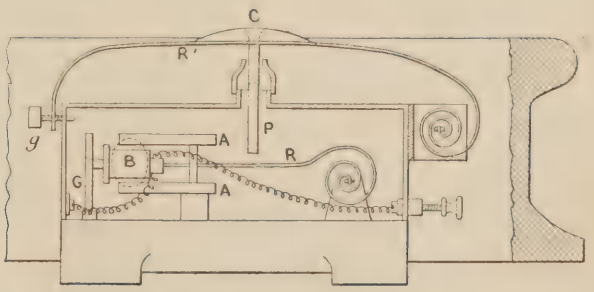
avec une seule poutre faire 2 poteaux, et il est arrivé, en sciant suivant la ligne XY une poutrelle quelconque AB. Il a prévu aussi le cas où ces poutrelles seraient trop courtes, et il a, dans ce but, indiqué un trait de scie en redents pour permettre les rallonges.

Mais ce n'est pas d'aujourd'hui, penserez-vous, qu'on fait des poteaux avec des vieux fers ? C'est encore vrai ; M. Pedley le sait de reste, et sa revendication ne porte que sur l'emploi de poteaux effilés, obtenus comme nous l'avons dit.

180316. — Cie DES SIGNAUX MAGNÉTIQUES (16 décembre 1886). — TRANSMETTEUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE INDIQUANT LE PASSAGE DES TRAINS SUR LES VOIES FERRÉES ET MESURANT LEUR VITESSE.

C'est une adaptation heureuse de l'appel Abdank. Comme on le voit sur la figure, qui est une coupe faite suivant l'axe de la voie ; *a*A, *a*A sont des aimants, entre lesquels peut osciller une bobine B maintenue par un ressort R terminé en spirale, G est un guide. Le tout est enfermé dans une boîte rectangulaire qui vient se fixer contre le rail.

A l'extérieur de la boîte dépasse la tige P terminée par



un contact dépassant le dessus du rail de quelques centimètres. Cette tige est solidaire du ressort R' guidé en *g* et terminé en spirale comme celui de la bobine.

Dans ces conditions au passage des roues, le contact C en s'abaissant actionnera le ressort R par la tige P, et la bobine oscillant, par suite du relevage immédiat de P sous l'action du ressort R', un courant induit sera transmis à la sonnette du poste. De plus, comme chaque roue

produira le même effet, les intermittences de la sonnerie permettront de mesurer la vitesse du train, dont l'arrivée pourra être en outre signalée par un voyant ou disque quelconque.

Cet appareil, nous le savons, a déjà été essayé au chemin de fer de l'Est, et les résultats ont été excellents.

180364. — BONFANTE (23 décembre 1886). — APPAREIL ANNONÇANT LE PASSAGE DES TRAINS

Ici le but est le même que dans le cas précédent, mais le principe est différent. L'idée est d'ailleurs très simple, très ingénieuse.

Elle consiste tout bonnement à placer perpendiculairement à la voie un aimant relié aux deux rails, et recouvert d'une bobine de fil dont les extrémités vont à la sonnerie du poste.

De la sorte, on a un circuit magnétique toujours ouvert, mais qui est brusquement fermé par les roues au passage des trains.

En effet, les roues et l'essieu forment armature, et les alternatives de fermetures et ruptures brusques, suffisent à faire naitre un courant induit dans la bobine.

C'est évidemment un des moyens des plus simples proposés jusqu'ici.

180274. — HOUSE (14 décembre 1886). — PERFECTIONNEMENT DANS LES RÉSONNATEURS ÉLECTROPHONÉTIQUES TÉLÉGRAPHIQUES.

L'appareil de M. House est une sorte de sonnette, ayant toujours le trembleur ordinaire. L'armature de l'électro-aimant, est, par une tige, reliée à la membrane vibrante d'un résonnateur, et nous vous aurons tout dit lorsque nous aurons ajouté, qu'au moyen de vis agissant sur l'armature, on peut à volonté régler l'amplitude des vibrations.

180350. — POULET et DIMANCHE (18 décembre 1886). — ROUET AUTOMATIQUE APPLICABLE A L'APPAREIL TÉLÉGRAPHIQUE MORSE ORDINAIRE.

Le rouet, vous le savez, sans doute, c'est la petite roue de cuivre sur laquelle les télégraphistes enroulent la bande de papier, pendant que se fait la réception d'une dépêche.

Cette manœuvre se fait généralement avec la main gauche, pendant que de la main droite l'opérateur écrit en français le texte Morse transmis.

MM. Poulet et Dimanche, qui ont sans doute reçu des dépêches illisibles, ont pensé que cette occupation constante de la main gauche était une des causes principales des erreurs qui se glissaient dans leurs télégrammes.

Pour remédier à cet inconvénient alors, ils ont imaginé de faire mouvoir automatiquement ce rouet, et ils y sont parvenus en mettant en contact avec la circonférence de la roue une molette d'entraînement mue elle-même par un mouvement d'horlogerie.

L'enroulement du papier doit être mieux fait ainsi, et à part la question du prix, rien ne s'oppose à ce que leur rouet ne soit pratique.

P. CLEMENCEAU

(A suivre)

CORRESPONDANCE

Nous recevons de M. Lahmeyer la lettre suisante, au sujet de l'article que nous avons consacré à la machine dynamo de son système (Voir *La Lumière Électrique*, n° 25).

L'observation de M. Lahmeyer est parfaitement fondée, mais nous ferons remarquer que, dans la comparaison que nous établissions, nous n'avions en vue précisément que la forme du circuit magnétique, indépendamment de sa réalisation concrète.

E. M.

Aachen, le 24 juin 1887

Monsieur le Directeur

C'est avec grand plaisir que j'ai lu, dans le numéro 25 et les numéros précédents de votre journal, les articles concernant la machine dynamo de mon système.

Je suis surtout satisfait de voir le caractère de nos machines, si bien saisi et si clairement développé.

Cependant, il y a encore un point à faire ressortir, et qui a son importance.

Tout en appuyant sur le grand avantage qu'il y a, à ce que la carcasse ne forme qu'une seule pièce de fonte avec la plaque de fondation, vous ne faites pas remarquer que les autres types de machine, dont la construction se rapproche de la mienne, ne présentent pas cet avantage.

Bien au contraire, en examinant quelques-unes des figures, spécialement les figures 6 et 7, page 361 (1), on

(1) Ces figures sont celles de l'article de notre collaborateur W. C. Rechniewski, auquel nous envoyions le lecteur pour les machines Kennedy et Hochhausen. E. M

pourrait être amené à la conclusion erronée que les machines de Hochhausen, van Depoele et Kennedy présentent cette même particularité de construction.

Ceci étant d'une grande importance pour la valeur de mes brevets, vous me pardonnerez la demande que je vous adresse, de bien vouloir faire remarquer dans le prochain numéro de votre journal, cette différence entre notre machine dynamo et les constructions semblables, sous le rapport de la forme.

Veuillez, monsieur le Directeur, agréer l'assurance de ma plus haute considération.

G. LAHMEYER

FAITS DIVERS

Conformément à l'autorisation donnée par l'assemblée générale du 22 Décembre dernier, le conseil d'administration de la Compagnie continentale Edison a décidé d'admettre 7000 actions nouvelles de 500 francs libérées de 250 francs.

La souscription sera ouverte au siège social 8, rue Caumartin à Paris, du 11 Juillet au 23 du même mois, de 10 heures du matin à 4 heures du soir.

Le journal *Industries* annonce que, conformément aux conclusions du rapport du jury nommé pour donner le prix offert par ce journal au meilleur moteur électrique, l'administration a décidé de faire construire deux moteurs, d'après les dessins signés *Agir* et *Ironclad*, afin de les comparer au moyen d'essais pratiques.

Le professeur Silvanus Thompson vient d'adresser une lettre au *Times* de Londres, dans laquelle il insiste sur la nécessité de rendre obligatoire, dans les mines, l'emploi des lampes de sûreté électriques, qui constituent la seule garantie possible contre les explosions.

Le jury nommé, il y a trois ans, pour décerner le prix offert par M. Ellis Lever, pour la meilleure lampe de ce genre, et dont le professeur Thompson faisait partie, a été obligé de déclarer qu'aucune des lampes présentées ne remplissait le but visé.

On n'avait d'ailleurs présenté que 3 lampes électriques qui étaient toutes d'une construction peu satisfaisante. Depuis cette époque, des progrès importants ont été réalisés, et M. J. W. Swan a inventé une lampe perfectionnée et vraiment pratique, de même que plusieurs autres inventeurs.

Le professeur termine sa lettre en proposant la nomination d'une commission royale pour faire une enquête et une étude spéciale des lampes de sûreté électriques.

Les employés du bureau central des Télégraphes à Londres ont eu une nouvelle réunion la semaine dernière pour témoigner de leur mécontentement des réponses faites par le Directeur Général, aux pétitions qui lui ont été présentées dernièrement par le personnel. Il a été décidé d'envoyer une nouvelle pétition au nom de tout le personnel, hommes et femmes, pour demander une augmentation de traitement et une diminution des heures de travail.

Le Conseil municipal de Philadelphie a commencé sa campagne contre les poteaux et les fils électriques dans les rues ; déjà en 1882 et à plusieurs reprises, une date a été fixée pour l'enlèvement définitif des fils, mais jusqu'ici les compagnies d'électricité ont eu assez d'influence, non-seulement pour faire reculer l'exécution de ces décisions, mais encore pour obtenir de nouvelles concessions.

C'est ainsi que, pendant l'année dernière, différentes entreprises d'électricité ont planté 231 nouveaux poteaux dans les rues, supportant 122 milles de fils télégraphiques et téléphoniques et 47 milles de conducteurs pour la lumière électrique.

La ville elle-même a violé ses propres règlements en plaçant 140 poteaux.

Il y a aujourd'hui un total de 8870 poteaux avec 5289 milles de fils dans les rues de Philadelphie.

Il faut dire qu'un arrêt de 1885 permet aux compagnies d'éclairage électrique, de placer des poteaux, sans autorisation préalable de la ville, pourvu que ces poteaux ne servent que pour les fils de lumière électrique.

Il a été constaté à Boston que la traction électrique par le système Julien, avec des moteurs électriques et des piles secondaires, revient à 35 centimes par mille et par voiture, contre 50 à 55 centimes pour la traction par chevaux.

Un incendie a détruit le bureau central des Postes à Melbourne, en Australie, le 28 avril dernier.

La salle de télégraphie et le bureau central des téléphones ont été complètement brûlés.

On a heureusement pu sauver des téléphones en maga-

sin pour près de 50.000 francs, mais un grand nombre d'appareils pour l'éclairage électrique, qui venaient d'arriver d'Angleterre ont été détruits.

Éclairage électrique

Il vient de se former à Mende une société au capital de 125.000 francs pour l'éclairage électrique de la ville. La concession accordée à M. Lamy, le fondateur de la société, a une durée de 40 ans.

La maison Siemens et Halske de Berlin a été chargée par la municipalité de Mulhouse, de la construction d'une usine centrale de lumière électrique.

Le ministre des Cultes et des Beaux-Arts à Berlin étudie actuellement un projet ayant pour objet l'éclairage électrique des musées.

On espère ainsi, non-seulement écarter le danger d'incendie, mais on se propose également d'en faciliter la visite aux ouvriers et aux employés, en les ouvrant à certains jours pendant la soirée.

La sous-commission technique de l'Exposition de 1888 de Bruxelles vient de décider d'éclairer la salle des machines à la lumière électrique.

Aucune décision n'a été prise au sujet du système à employer.

Le Conseil municipal de Bruxelles a décidé de faire installer la lumière électrique au théâtre de la Monnaie.

On éprouve quelques difficultés pour trouver un emplacement pour les machines et une demande adressée au ministère des Postes, pour obtenir l'autorisation de les installer dans les sous-sols du nouvel hôtel des Postes en face du théâtre, n'a pas été très favorablement accueillie.

La *Sociedad Espanola de Electricidad* de Madrid vient de terminer l'installation de la lumière électrique dans la ville de Talavera en Espagne.

Notre confrère l'*Electricidad* annonce que l'éclairage fonctionne à merveille dans les rues et nous promet d'autres détails sur cette installation.

L'administration municipale de Naples a donné ordre à tous les théâtres d'avoir à remplacer l'éclairage au gaz par la lumière électrique.

L'ordonnance prescrit que le délai fixé pour l'exécution des travaux, ne pourra être dépassé sous aucun prétexte.

A Anvers, le grand théâtre Royal et le théâtre Flamand seront également éclairés à la lumière électrique pour la saison prochaine.

On annonce de St.-Pétersbourg que la municipalité a accordé à la compagnie du Gaz, le droit d'éclairer les rues et les maisons particulières avec la lumière électrique aussi bien qu'avec le gaz.

Au bout de vingt ans les installations appartiendront de droit au Gouvernement.

Le *Taunton Electric Light C.* a dernièrement proposé à la municipalité de la petite ville de Weston super Mare en Angleterre, d'éclairer une partie de la ville pendant un mois à la lumière électrique, à titre d'expérience gratuite.

La municipalité a accepté l'offre de la Société, et le nouvel éclairage fonctionnera probablemont le mois prochain.

La *Hastings Electric Light C°* vient de publier son cinquantième rapport annuel d'après lequel elle possède aujourd'hui 30 foyers à arc et 704 lampes à incandescence distribués sur trois circuits.

Les recettes ont dépassé celles de l'année dernière d'une somme de 6200 francs ; et la direction propose d'admettre des obligations pour une somme de 125.000 francs, afin de pouvoir donner une plus grande extension à l'entreprise.

L'*Electric Light and Power C°* a proposé à la municipalité de Manille, d'installer 1000 lampes à incandescence et 100 foyers à arc sur une étendue de 27 kilom. dans la ville.

Celle-ci accorderait une concession de 40 années avec un subside de 200.000 francs et une garantie d'intérêt à raison de 6 o/o l'an, sur le capital engagé qu'on estime à 725.000.

La municipalité ne s'est pas encore prononcée sur ces propositions.

Le Conseil municipal de New-York a demandé à sa commission d'éclairage de traiter avec différentes sociétés pour l'éclairage électrique de toute la ville, en supprimant entièrement le gaz.

Six différentes entreprises d'éclairage électrique ont été autorisées à placer des poteaux et des fils, dans la ville, pour la lumière électrique.

La compagnie Brush a déjà été chargée d'installer 324 foyers dans les rues, à raison de 1,25 fr. par foyer et par jour.

La petite ville d'Edgewater, l'un des faubourgs de Chicago, va être éclairé à la lumière électrique.

La compagnie Edison vient d'y installer une usine centrale, capable d'alimenter 800 lampes à incandescence tant dans les rues que dans les maisons.

Télégraphie et Téléphonie

On annonce la nomination de M. J. Raynaud au poste de directeur de l'école supérieure de télégraphie, devenu vacant par suite de la mort de M. E. Blavier.

Par arrêté du 10 juin dernier, l'Administration belge des télégraphes vient de décider que la taxe supplémentaire pour un second fil de raccordement ne pourra dépasser la moitié du prix de l'abonnement normal, pour un fil simple.

La surtaxe applicable au rayon de trois kilomètres, à partir du bureau central téléphonique, ne dépassera pas la somme de 100 francs dans le montant des abonnements pris, soit dans ce rayon, soit à des distances plus grandes.

On annonce de Madrid que l'*Eastern Telegraph C°* a proposé au gouvernement espagnol de placer des câbles télégraphiques entre Benny, sur la côte ouest d'Afrique, et Fernando Po, Cadix ainsi qu'entre Tanger et Algesiras et Cezta, de manière à établir une communication directe entre l'Espagne et ses colonies africaines.

Le Gouvernement paraît disposé à accepter ces propositions.

La grande compagnie des télégraphes du nord vient de publier son rapport annuel pour l'exercice de l'année 1886.

Par suite d'un accord avec l'*Eastern Extension Telegraph C°*, les deux sociétés occuperont pendant trois ans la même station à Shanghai et à Hong-Kong, avec un personnel mixte d'employés anglais et danois, dans chaque ville.

Deux nouvelles lignes ont été construites en Chine, l'une de Mukden (Mandchourie) via Kioni, vers la frontière russe, et l'autre de Hankoo, le long du fluve Yantsai viâ Ichang vers la province de Yunnan.

La ligne entre la capitale de la Corée et le port de Fusan n'a pas encore été terminée.

Les doubles lignes terrestres entre Gothenbourg et Greilehamn en Suède et entre St.-Pétersbourg et Nystad en Finlande, ont été mises en exploitation pendant l'année.

Les appareils Wheatstone ont été introduits sur les lignes en Sibérie, sous la surveillance de fonctionnaires danois engagés par l'administration russe ; les appareils sortent des ateliers de la compagnie de Copenhague.

Le Directeur Général des Postes et Télégraphes en Angleterre, M. Raikes, a été interpellé la semaine dernière à la Chambre des Communes, au sujet du renouvellement du monopole actuel que possède la *Submarine Telegraph C°*, pour la transmission des dépêches de l'Angleterre sur le Continent et qui expire en 1889.

M. Raikes a répondu qu'il avait déjà commencé des négociations avec plusieurs Etats, pour arriver à une entente nécessaire à l'expiration du monopole concédé par eux, mais qu'il ne pouvait rien dire encore de définitif.

On annonce d'Arequipa au Pérou que la ligne télégraphique de Mallendo, sur la côte de Pérou jusqu'à La Paz en Bolivie, vient d'être terminée.

La décision récente du Gouvernement chinois, d'étendre le réseau télégraphique à l'intérieur du pays, a rencontré beaucoup d'opposition, dans plusieurs provinces. Les stations ont été attaqués à plusieures reprises et il a fallu quelquefois suspendre les travaux.

Les habitants prétendent que les fils leur portent malheur et les empêchent de dormir la nuit.

La *Privat Telegraphen Gesellschaft* de Vienne qui est

propriétaire du réseau téléphonique de cette ville vient de réorganiser tout le système en réunissant les fils de tous les abonnés dans un seul bureau central, où on a installé un nouveau commutateur pour deux mille abonnés.

Ce nouveau tableau ressemble aux commutateurs multiples américains, mais il contient plusieurs perfectionnements dus à son constructeur M. O. Schaffler. La compagnie a pu faire tous ces changements sans interrompre le service un seul jour.

Les échanges téléphoniques de télégrammes entre les abonnés des réseaux locaux et les bureaux télégraphiques de raccordement continuent à prendre une extension remarquable en Belgique.

Pour les cinq premiers mois de l'année courante, le nombre de ces transmissions dans les huit anciens réseaux de Bruxelles, Anvers, Liége, Charleroi, Gand, Verviers, Mons et Louvain s'est élevé à 167.838 ; pendant la même période de 1886, il était de 122.682 ce qui donne une augmentation de 45.156 télégrammes ou environ 37 o/o pour 1887.

Les cinq réseaux plus récents établis à Namur, La Louvière, Courtrai, Ostende et Malines ont fourni en 1887 de janvier à mai, 13.448 télégrammes téléphonés, de telle sorte que le contingent total des cinq premiers mois est de 181.286, soit en moyenne 1200 par jour.

Il est question d'établir une communication téléphonique directe, entre Madrid et Barcelone.

Le *Journal Officiel* de Madrid annonce à la date du 13 uin, qu'un service téléphonique sera prochainement établi dans les villes d'*Alicante* et d'*Oviedo*.

Des soumissions pour la construction seront reçues jusqu'au 18 juillet pour Alicante et jusqu'au 19 pour Oviedo.

Notre confrère l'*Electrician* de Londres annonce que l'*United Telephone C*e de cette ville a mis à l'étude l'introduction d'un nouveau service.

Les abonnés qui désirent en profiter seront pourvus d'un récepteur imprimeur automatique qui serait, de temps en temps, mis en communication automatique avec leur fil et donnerait les cours de la bourse ou toutes autres nouvelles.

Les détails du système n'ont pas encore été élaborés, car la Compagnie n'a pas encore pris une décision définitive, mais notre confrère a examiné les appareils et croit à la réussite possible de l'entreprise.

Il n'y a ni pile ni mouvement d'horlogerie chez l'abonné et on peut actionner un grand nombre de récepteurs avec un seul transmetteur.

Les abonnés du réseau téléphonique de Saint-Louis aux États-Unis, ne paient pas un abonnement fixe à la société des téléphones, mais un prix unique de 25 centimes par communication.

La perception de cette somme se fait automatiquement par l'appareil téléphonique lui-même. Au-dessus du transmetteur se trouve une boîte pourvue d'une fente à sa partie supérieure.

Quand l'abonné désire demander une communication au bureau central, il place une pièce de 5 cents (25 centimes) dans la fente, et enlève le téléphone de son crochet. En glissant, la pièce ferme un circuit, l'appel se fait au bureau central et l'abonné peut causer aussi longtemps qu'il le désire, soit avec le bureau, soit avec un autre abonné. La conversation finie, il n'a qu'à remettre le téléphone en place, pour donner automatiquement le signal d'interrompre la communication et la pièce tombe dans la boîte dont le receveur de la compagnie a seul la clef.

Mais, si la personne avec laquelle l'abonné veut parler est déjà en communication, l'employé du bureau central en informe l'abonné et au moyen d'un contact sur lequel il appuie, il fait jouer un mécanisme qui chasse la pièce de 5 cents sur le côté de la boîte, et lorsque l'abonné accroche son récepteur, sa pièce lui est rendue. Plus de 200 de ces appareils fonctionnent actuellement à St.-Louis et donnent de très bons résultats.

L'*Electrical World* de New-York nous apprend que le nombre des téléphones installés et fonctionnant dans la ville de New-York et dans ses environs, dépasse 15.000. Il y en a 3438 à Long Island, 3264 à New-Jersey et à Newark, 6800 à New-York même, 150 à Staten Island et 800 dans le comté de Westchester.

Toutes les lignes communiquent ensemble.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 9 JUILLET 1887 N° 28

SOMMAIRE. — De la commande des dynamos au moyen de courroies courtes ; W.-E. Ayrton et J. Perry. — La télégraphie sous-marine ; E. Wünschendorff. — Variations de la conductibilité calorifique du bismuth dans un champ magnétique ; A. Leduc. — Nouveaux manipulateurs Morse à clavier ; K...e. — Considérations sur quelques théories relatives à l'électricité atmosphérique ; J. Luvini. — Revue des travaux récents en électricité : sur la synchronisation d'une oscillation faiblement amortie, par M. Cornu. — Un nouveau relais dit relais boussole. — Coupe-circuit Elvell-Parker. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Bibliographie : Practical électricity, par W.-E. Ayrton ; P.-H. Ledeboer. — Du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques, par R. Chavannes ; B. Marinovitch. — Brevets d'invention : P. Clemenceau. — Faits divers.

DE LA

COMMANDE DES DYNAMOS

AU MOYEN DE

COURROIES COURTES (1)

Lorsqu'une machine à grande vitesse, telle qu'une machine dynamo, est mue par l'intermédiaire d'une courroie de transmission, on sait qu'il y a un certain travail perdu par suite des frottements entre l'arbre et les coussinets, frottements qui proviennent en grande partie de la tension qu'il est indispensable de donner aux deux brins de la courroie, pour que celle-ci grippe sur la poulie.

En général, on cherche à diminuer cette perte en augmentant la longueur de la courroie, de manière à ce que l'angle d'enroulement de celle-ci sur la poulie soit aussi grand que possible. Une disposition pareille est incommode, soit à bord des navires, soit sur les wagons de tramways, en un mot, dans tous les cas où l'espace est restreint ; il y aurait du reste toujours lieu d'employer une courroie courte, si le rapprochement de la poulie conduite, du volant ou de la poulie motrice de grande dimension, n'exigeait une forte tension de la courroie, et en outre, un dispositif permettant de la tendre continuellement, pour éviter le glissement.

Ce dernier aurait lieu en particulier, par suite des variations hygrométriques de l'air, à moins que la courroie, par les temps secs, ne soit tendue beaucoup plus fortement que ne l'exige la transmission ; la tension moyenne d'une pareille courroie serait donc beaucoup plus grande que celle indiquée par le calcul, pour l'entraînement, et la perte de travail due aux frottements serait accrue en conséquence.

Pour cette raison, on emploie en général dans les transmissions, de longues courroies placées plus ou moins horizontalement, avec le brin tendu à la partie inférieure, afin d'augmenter le plus possible l'angle de contact, comme le montre la figure 1.

La même difficulté se présente quand un électromoteur ou tout autre moteur à grande vitesse doit être relié par courroie à une machine quelconque.

On a cherché de bien des manières à surmonter cette difficulté ; par exemple, pour augmenter

(1) Lu le 28 avril 1887 à la *Society of Telegraph-Engineers and Electricians* et communiqué par les auteurs.
N. D. L. R.

l'angle de contact sur la petite poulie, et pour maintenir la courroie tendue, MM. Mather et Platt emploient une poulie auxiliaire de tension, de grande dimension, dans leurs transmissions entre moteur et machine dynamo, comme on a pu le voir à l'*Exposition des Inventions* et récemment à celle de Manchester.

Lorsqu'il s'agit de coupler une machine à vapeur ordinaire à une dynamo, ou un électromoteur à une machine-outil, on doit relier deux arbres animés de vitesses très différentes ; la solution de ce problème, dans un espace restreint et sans de trop grandes pertes, a conduit aux divers systèmes de *roues à friction*.

En particulier, une partie importante de notre travail, dans notre collaboration avec le professeur Fleeming Jenkin pour la création du telphérage, a été l'étude d'un grand nombre de ces transmissions à frottement (*nest gearing*), permettant l'entraînement mutuel de deux arbres de vitesses différentes, au moyen d'un simple couple, sans effort résultant.

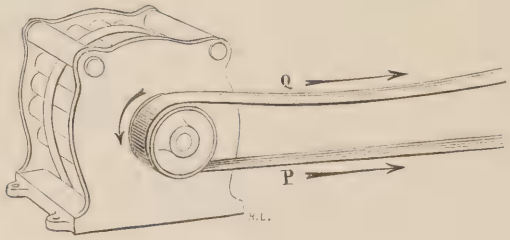


Fig. 1

[Les lecteurs de *La Lumière Électrique* trouveront la description d'un certain nombre de ces dispositifs dans les articles de M. Richard.]

Le désavantage de ces engrenages à frottement, est la dépense de construction ; il est indispensable d'avoir un réglage pour regagner l'usure des galets qui est considérable ; aussi, malgré l'intérêt que ces mécanismes présentent au point de vue cinématique, leur usage ne s'est pas répandu.

On connait le système de roues à friction, employé par MM. Siemens (dû à M. Raworth) pour le couplage des dynamos. Celles-ci sont montées dans un châssis de manière à tourner autour d'un axe perpendiculaire à celui de l'armature et de la poulie ; celle-ci est en papier comprimé, et repose sur la partie supérieure du volant du moteur. Cette disposition est bonne, la pression de la poulie sur la jante du volant n'étant pas transmise aux coussinets, mais étant fournie en partie par le poids de la poulie de la dynamo.

Mais cette forme de roues à friction a les inconvénients suivants : En premier lieu, la poulie en papier doit être d'une construction spéciale, nécessitant une forte presse hydraulique, et doit être nécessairement beaucoup plus coûteuse qu'une poulie ordinaire en fonte ; en outre, le volant d'un moteur ordinaire ne peut pas être employé sans que sa jante ait été préalablement tournée exactement ; enfin, les axes de rotation de l'armature et du volant doivent être rigoureusement parallèles l'un à l'autre, sinon les deux roues grippent et la poulie en papier est bientôt détruite.

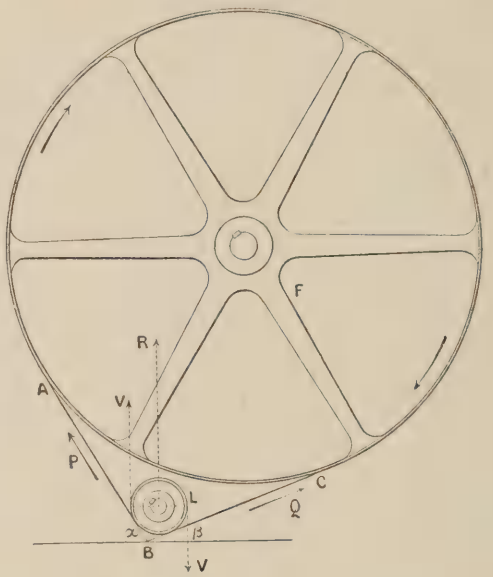


Fig. 2

De plus, il ne convient pas de placer la dynamo de manière que sa poulie soit exactement à la partie supérieure du volant ; car cette disposition donne nécessairement lieu à un effort sur les paliers, et le frottement des coussinets ne peut être minimum. Enfin d'après les dires de personnes qui ont employé ce système, le châssis supportant la dynamo aurait une tendance à être continuellement en vibration.

Il en résulterait que ce système ne donnerait

pas la solution du couplage direct de la dynamo et du volant moteur, et ne peut être employé que lorsque le moteur et la dynamo sont montés ensemble sur un même bâti.

On peut voir actuellement à Londres une forme particulière de couplage direct d'une dynamo et d'un moteur à gaz; au premier abord, il se présente comme la disposition inverse de celle dont nous venons de parler : la poulie de la dynamo, au lieu de reposer sur le volant, est pressée contre la partie inférieure de celui-ci.

Mais quoique cette disposition soit moins encombrante, on n'obtient pas ainsi une diminution du frottement aux coussinets, comme dans le système Siemens, puisqu'il est nécessaire que les paliers exercent une pression égale à la somme du poids de la poulie et de sa pression contre le volant ; par suite, nous n'entrerons pas dans le détail de cette disposition.

Nous arrivons maintenant au nouveau système que nous désirons faire connaître, et qui consiste à suspendre la poulie L de la dynamo à une courte courroie passant sur le volant F du moteur, comme l'indique les fig. 2 et 3, la courroie étant juste assez longue pour embrasser le volant et la poulie de la dynamo, avec un léger jeu. La dynamo D, comme dans le cas précédent, est montée dans un berceau de manière à tourner autour d'un axe à angle droit sur l'arbre de l'armature.

Le montage se fait de la manière suivante; la poulie est enlevée de l'axe S et la dynamo fixée dans le châssis C C, mobile sur les tourillons T T, de manière à ce que l'ensemble soit exactement en équilibre.

Soit p_1 et p_2, les pressions exercées par l'arbre de l'induit sur les coussinets, leur somme $p_1 + p_2$ est égale au poids de l'armature, du commutateur et de l'arbre.

Si maintenant, on clavète la poulie, qui est en fonte, mais plus lourde qu'il n'est d'usage de les faire, elle sera supportée par la courroie comme le montre la figure, et son poids entier agira sur celle-ci, la dynamo elle-même étant équilibrée ; les pressions sur les paliers seront donc simplement p_1 et p_2 comme précédemment.

Le poids de la poulie L et la position du châssis par rapport au volant sont tels, que la résultante R de la tension des deux brins de la courroie, pour le maximum de travail transmis, est égale au poids de la poulie et agit verticalement en son centre, ainsi que le couple moteur V V, comme l'indique la figure 2.

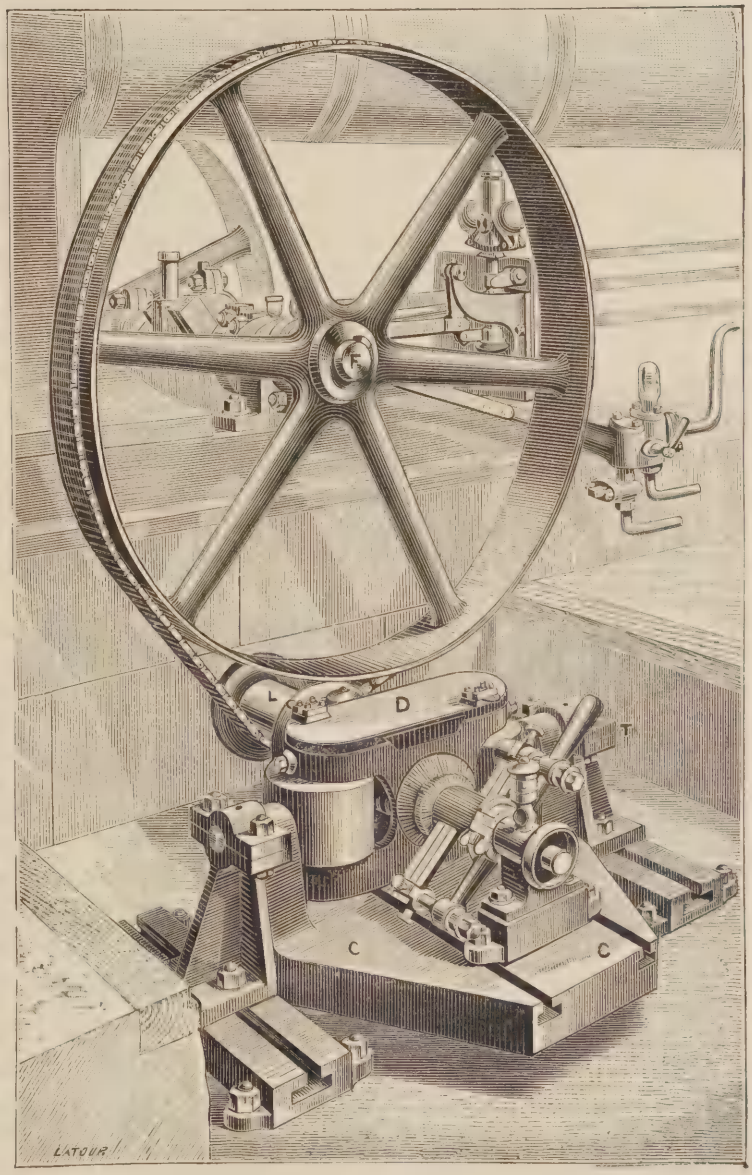


Fig. 3

Les composantes horizontales des tensions P et Q des deux brins A B et C B s'équilibrent, en sorte que les pressions exercées par l'arbre de l'armature sur les coussinets sont simplement égales au poids de l'armature, du commutateur et de l'arbre, et par conséquent inférieures à ce qu'elles sont pour une dynamo ordinaire même au repos, puisque dans notre système de transmission, à l'inverse de ce qui a lieu pour une courroie ordinaire, on ne transmet à l'armature qu'un couple proprement dit, au lieu d'avoir un couple combiné avec une pression plus ou moins grande contre les coussinets.

Avec ce mode de commande, non-seulement on n'introduit aucune pression additionnelle sur les coussinets, mais on peut encore diminuer celle qui provient du poids de l'armature. En fait, la pression sur le coussinet B, voisin de la poulie motrice, peut être rendue *nulle*, en modifiant légèrement le montage : au lieu de fixer la dynamo dans son châssis, de manière à ce qu'il soit parfaitement en équilibre, il suffit de la placer un peu plus près du volant, et d'écarter le châssis C C de ce dernier, en sorte que la poulie, lorsqu'elle sera clavetée sur l'arbre d'armature, soit dans le plan du volant.

De cette manière, les tensions dans les deux brins de la courroie sont équilibrées par le poids de la poulie augmenté d'une fraction de p_1, dépendant de la position de la dynamo sur son cadre ; et par suite aussi le poids de la poulie peut être diminué d'une quantité égale à cette partie de la pression p_1, qui est supportée par la courroie, et la pression sur le palier B, qui dans une dynamo ordinaire est de beaucoup la plus grande, peut être diminuée à volonté ou annulée, que la dynamo soit au repos, ou qu'elle absorbe le maximum du travail.

La pression sur l'autre palier B_2 ne sera naturellement jamais supérieure à p_2 qui est en général égal à la moitié du poids du commutateur et de l'axe, et comme le diamètre de celui-ci peut être diminué de ce côté-là, puisque cette partie de l'axe ne transmet rien, les frottements au palier B_2 seront négligeables.

Cette forme de transmission permet donc d'annuler presque complètement les frottements aux paliers ; en outre, elle possède les avantages suivants que ne présente pas la transmission Siemens.

1° Elle n'exige l'emploi d'aucune poulie en papier, rapidement usée;

2° La jante du volant moteur n'a pas besoin d'être tournée exactement;

3° Les axes de l'armature et du volant n'ont pas besoin d'être exactement parallèles, le jeu de la courroie rachetant le défaut de parallélisme;

4° Le chassis de la dynamo est suffisamment bas et peut être rendu stable.

Il est clair qu'une légère extension de la courroie ne lui permettra pas de jouer ; son seul effet sera d'abaisser légèrement la poulie et d'incliner l'axe de l'armature sur l'horizontale.

Afin de mieux faire comprendre ce système de transmission, nous donnerons ici le calcul du poids à donner à cette dernière, dans le cas d'une installation faite à l'Institution Centrale (*City and Guilds of London Institute*).

Il y a lieu de déterminer :

1° Le diamètre de la poulie ;

2° Son poids;

3° La distance verticale de l'axe d'armature à l'axe du volant ;

4° La distance horizontale entre les mêmes axes.

I.— La dynamo en question absorbe environ 6 chevaux lorsqu'elle tourne à 1600 tours par minute et qu'elle donne son maximum de watts. Le volant du moteur a un diamètre de 1,50 m. et fait 180 tours à la minute. Le diamètre de la poulie de la dynamo sera donc de

$$\frac{180}{1600}\,1{,}50 \text{ m.} = 0{,}169 \text{ m.}$$

II.— Soient P et Q les tensions en kilogrammes du brin moteur et du brin mené, quand la courroie transmet six chevaux ; on a

$$(P - Q)\,\frac{1600}{60}\,\pi\,0{,}169 = 6 \times 75$$

ou

$$P - Q = 32 \text{ kilos}$$

Si l'on admet que la poulie et le volant se touchent, on trouve facilement que l'angle des deux

brins de la courroie serait de 105°. La poulie et le volant ne doivent naturellement pas être en contact puisque les parties en regard se meuvent en sens contraire, mais au point de vue de la compacité de la transmission, il convient que la poulie soit aussi près que possible du volant; par suite, admettons que cet angle soit de 100°. Il s'en suit que l'angle de contact de la courroie et de la poulie sera de 180 — 100°, soit de 80° ou de $4\pi/9$; si donc P est la tension du brin conducteur et Q celle du brin mené, on aura

$$\frac{P}{Q} = e^{0,4\frac{4}{9}\pi}$$

ou

$$P = (P - Q)\frac{e^{0,18\pi}}{e^{0,18\pi} - 1}$$

En introduisant la valeur trouvée de (P — Q), on obtient :

$$P = 77 \text{ kilog.} \qquad Q = 44 \text{ kilog.}$$

La résultante de P et Q est alors de 82 kilogrammes. Si donc la dynamo est placée de telle sorte que la moitié du poids de l'armature et de l'axe, soit 43/2 kilogrammes, soit supportée par la courroie, en plus du poids de la poulie, celui-ci devra être égal à

$$82 - 21,5 = 60,5 \text{ kilog.}$$

C'est le poids que nous avons effectivement donné à notre poulie.

III et IV.—Pour déterminer la position exacte de l'axe de l'armature, par rapport à celui du volant, il faut partir de la condition que les composantes horizontales des tensions des deux brins soient égales, de sorte qu'il n'y ait pas d'effort latéral.

Si α et β sont les angles des deux brins avec l'horizontale (fig. 3), on doit avoir

$$P \cos \alpha = Q \cos \beta$$

ou

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{Q}{P} = 0,574$$

On a, en outre

$$\alpha + \beta + 100° = 180° \qquad \text{ou} \qquad \beta = 80° - \alpha$$

En remplaçant cos β, il vient

$$\cos \alpha = 0,574 \cos (80° - \alpha)$$

d'où l'on tire

$$\text{tang } \alpha = \frac{1 - 0,574 \cos (80°)}{0,574 \sin (80°)} = 1.59$$

Ce qui donne

$$\alpha = 57°,50 \qquad \text{et} \qquad \beta = 22°,50$$

On peut alors trouver, graphiquement ou par le calcul, que le centre de l'axe de la dynamo doit être à 0,82 m. en dessous de celui du volant, et à 0,27 m. latéralement.

Notre machine fonctionne ainsi depuis 6 mois.

Ce qui montre bien comme la routine et l'habitude des courroies ordinaires, l'emportent sur la connaissance exacte des principes de la transmission par courroie, c'est que la première remarque de tous ceux qui regardent notre nouvelle transmission, est que la courroie doit glisser fortement. En fait, au contraire, bien loin d'y avoir glissement, l'expérience a montré que la dynamo, lorsqu'elle absorbe la puissance maximum, tourne un peu plus vite que ne l'indiquerait le calcul, ce qui provient naturellement de ce que la valeur relative des diamètres des poulies n'est pas exactement celle assignée par le calcul.

Nous n'insisterons pas ici sur la substitution des cordes aux courroies. Dans le cas où un certain nombre de dynamos doivent être actionnées par un seul volant, et cela dans un espace restreint, on peut employer une seule courroie de transmission, au moyen de poulies-guides disposées de telle sorte que, d'un côté de la poulie de chaque dynamo, la courroie soit horizontale, tandis qu'elle serait approximativement verticale de l'autre côté.

W. E. Ayrton ; J. Perry

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

PREMIÈRE PARTIE

Premier câble transatlantique

Le succès qui avait couronné la pose du second câble de Douvres à Calais, fit immédiatement renaître l'idée de relier l'Amérique à l'Europe. Ce furent MM. Tebbets, de New-York, et Frédéric N. Gisborne, ingénieur anglais, qui conçurent ce hardi projet et qui, en 1851, obtinrent de la législature de Terre-Neuve, pour la *Compagnie du Télégraphe électrique de Terre-Neuve* qu'ils constituèrent, divers avantages pécuniaires et territoriaux. Cette compagnie fit immerger d'abord douze milles de câble dans la baie de Canso, entre le cap Breton et la frontière de la Nouvelle-Ecosse, point où la ligne sous-marine devait se relier au réseau télégraphique du Canada et des Etats-Unis ; mais n'ayant pu remplir ses engagements, elle abandonna sa concession à une nouvelle société que fonda M. Cyrus W. Field, sous le nom de *Compagnie du Télégraphe de New-York, Terre-Neuve et Londres*. Un acte de la législature du pays (1854), confirma et agrandit ses privilèges qui comprirent un droit exclusif d'atterrissement dans l'Ile de Terre-Neuve et sur les côtes du Labrador, pendant une période de 50 ans.

Un câble de 85 milles de longueur fut posé entre le cap Breton et Terre-Neuve : M. Cyrus W. Field se rendit ensuite (1856) en Angleterre pour y trouver le capital nécessaire à l'établissement de la ligne principale, de l'Irlande à Terre-Neuve. Associé à MM. Brett, Whitehouse et Ch. Bright, il fonda une nouvelle société qui se fusionna bientôt avec la compagnie américaine, sous le nom de *Compagnie du Télégraphe atlantique*, au capital de 8,750,000 francs. M. Whitehouse, physicien attaché à la maison Newall, venait de faire, à l'aide d'un câble à six conducteurs de 166 milles de long, des expériences variées sur les conditions de transmission du courant électrique à de très grandes distances. Il avait constaté, sur des circuits comprenant jusqu'à 1000 milles de fils recouverts, formés en réunissant bout à bout les divers fils du câble à six conducteurs, que l'attraction électromagnétique du courant décroît en raison inverse du carré de la distance, et que, conformément aux lois d'Ohm et de Pouillet, l'intensité du courant diminue en raison inverse de la distance et augmente avec la section du conducteur.

Pour apprécier le retard éprouvé par l'électricité pendant son passage dans les câbles sous-marins, M. Whitehouse avait employé un pendule qui, à chaque oscillation, mettait le fil conducteur en communication avec la source électrique. A l'extrémité opposée de la ligne, le courant actionnait un électro-aimant qui fermait le circuit d'une pile locale et mettait en jeu un appareil électrochimique. Une bande de papier, préparée au cyanure de potassium, emportait en se déroulant d'un mouvement uniforme, des traces bleues qui se développaient au contact du papier avec une pointe en fer fixée à l'armature de l'électro-aimant, lorsque celle-ci était attirée vers le noyau, au moment du passage du courant. M. Whitehouse constata ainsi que le temps nécessaire à un courant électrique pour se rendre d'une extrémité à l'autre de la ligne, augmentait un peu plus rapidement que la longueur des conducteurs, mais non proportionnellement au carré de cette longueur, comme la théorie semblait l'indiquer.

M. Whitehouse avait remarqué encore que les signaux peuvent se succéder beaucoup plus rapidement, en changeant le sens du courant à chaque émission et que les courants induits se propagent plus rapidement que les courants voltaïques, dans le rapport de 3 à 1. On devait dès lors être conduit à substituer aux piles, sur les très grands câbles, des machines électromagnétiques. L'appareil imaginé à cet effet par M. Whitehouse consistait en une série de cylindres de fer doux, entourés de deux hélices, l'une de gros fil reliée par l'intermédiaire d'un manipulateur à une pile, et formant le circuit inducteur, l'autre de fil fin formant le circuit induit et reliée d'une part à la terre, de l'autre à la ligne.

La longueur du câble transatlantique devant dépasser 2000 milles, une expérience décisive fut jugée nécessaire, pour ne laisser subsister aucune incertitude sur le succès commercial de l'entre-

[1] Tous droits de reproduction et de traduction réservés. — Voir *La Lumière Électrique* du 2 juillet 1887.

Fig. 18. — Valentia (Irlande)

prise projetée. Dans la nuit du 9 octobre 1856, MM. Whitehouse et Ch. Bright qui avait précédemment fait de son côté des essais sur la vitesse de transmission des signaux, en se servant des fils souterrains de la ligne de Londres à Manchester, réunirent bout à bout, à Londres, des fils souterrains et sous-marins de diverses compagnies anglaises, de manière à constituer un circuit de 2000 milles de longueur. Les essais faits en présence du professeur Morse, donnèrent de 210 à 240 signaux distincts par minute : on en obtint même 270 dans une expérience.

Ce ne fut cependant qu'au mois de février suivant, que la fabrication du câble fut commencée. La distance de Valentia (Irlande) (fig. 13) à Trinity-bay (Terre-Neuve) points choisis pour l'atterrissement dans les deux mondes étant de 1640 milles marins, on estima à 2500 milles anglais, (2172 milles marins) la longueur de câble nécessaire pour parer à toutes les éventualités. La *Gutta-Percha Cie* devait fabriquer l'âme formée d'une cordelette de sept fils de cuivre de 0,6 millimètre de diamètre chacun, pesant ensemble 48 kilogrammes par mille et recouverte de trois couches de gutta-percha ayant ensemble une épaisseur de 4 millimètres et pesant 120 kilogrammes par mille.

Le revêtement extérieur fut confié par moitiés à *MM. Glass Elliott et Cie* et à *MM. Newall et Cie* » : il comprenait un matelas de chanvre imprégné d'une composition de goudron de Norwège, de poix, d'huile de lin et de cire et dix-huit torons formés chacun de sept fils de fer de 0,7 millimètre de diamètre (fig. 14). Le câble était ensuite enduit d'une mixture de goudron, poix et huile de lin : son diamètre total était de 39 millimètres. Il pesait 1200 kilogrammes par mille marin dans l'air, et pouvait résister à une traction de 3 tonnes.

Aux abords des côtes, sur une longueur de 10 milles, près de Valentia et de 15 milles près de Trinity-Bay, l'armature extérieure était formée de douze fils de fer de 5 millimètres de diamètre (fig. 15), ce qui portait le poids du câble d'atterrissement à 8,1 tonnes par mille.

Le câble devait être livré au mois de juin 1857 et par conséquent entièrement terminé dans l'espace de quatre mois : pour se rendre compte de l'énormité de l'entreprise, il suffit de remarquer que pour le conducteur en cuivre, on avait à se pourvoir de 116 tonnes de cuivre qui devaient être étirées en fils d'une longueur de 17500 milles, cordés ensemble ensuite sur une longueur de 2500 milles ; 250 tonnes de gutta-percha devaient être préparées et placées en trois couches distinctes sur le fil de cuivre. Enfin 1687 tonnes de fer au charbon de bois devaient donner 315000 milles de fils avec lesquels on devait fabriquer 45000 milles de cordelettes destinées à former le revêtement extérieur du câble.

Cette précipitation qui résultait d'engagements regrettables pris par la compagnie vis-à-vis de ses actionnaires et du public, eut des conséquences fatales pour le succès de l'expédition. Les électriciens de la compagnie, malgré l'imperfection de leurs procédés de vérification, ne se faisaient cependant aucune illusion sur la valeur du câble au point de vue électrique. Plusieurs solutions de continuité du conducteur en cuivre, dues à de fausses soudures, avaient été observées, en cours de fabrication, sur des sections de câble déjà recouvertes de leur armature.

Pour éviter ce genre d'accidents si redoutable, on décida de soumettre l'âme du câble, avant de lui appliquer son revêtement en chanvre, à des épreuves de traction, toujours dangereuses, mais qui, faites avec des machines insuffisantes, déterminèrent fréquemment un allongement permanent du cuivre : la gutta-percha étant élastique au contraire, le conducteur se décentrait et, en certains points, venait affleurer le matelas de chanvre. Les cuves dans lesquelles était lové le câble, une fois recouvert de son armature en fer, ne pouvant contenir de l'eau, le câble resta à sec dans des ateliers surchauffés. A Greenwich même, tandis que la température extérieure était exceptionnellement élevée, il resta exposé au soleil pendant toute une journée et on vit la gutta-percha filtrer par gouttelettes à travers l'armature en fer. De nombreuses coupures furent d'ailleurs faites sans ménagement dans le câble : les soudures qu'elles nécessitèrent et auxquelles on ne donna aucun soin, constituèrent de nouveaux points faibles. Le cuivre employé était par surcroît très impur.

Malgré ces conditions si défavorables et les protestations même de M. Whitehouse, le câble fut embarqué sur deux grands navires : le *Niagara* de la marine des États-Unis jaugeant 5000 tonneaux et l'*Agamemnon*, appartenant à la marine anglaise, 3200 tonneaux.

Le câble devait être posé sur une sorte de grand plateau assez régulier, de 1700 brasses de profon-

deur moyenne; qui s'étend entre l'Irlande et Terre-Neuve, mais dont il est séparé par deux tranchées assez profondes ne dépassant pas toutefois 2500 brasses: ce plateau, reconnu précédemment par le Commandant Maury, de la marine des États-Unis, a reçu depuis une grande quantité de câbles et est connu sous le nom de *plateau télégraphique*.

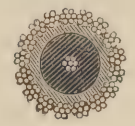


Fig. 14

Le fond en est formé par une sorte de vase grise très fine appelée *ooze* et qui est très favorable à la conservation des câbles. Les sondages, faits spécialement en vue de la pose du câble, avaient été très sommaires et pris à des distances de 20 milles les uns des autres. Aussi eut-il été facile, ainsi qu'on le reconnut plus tard seulement, de gagner, près des côtes d'Irlande, les eaux profondes en suivant une pente plus douce et, près de Terre-Neuve, d'éviter le banc de roches sur lequel le câble reposa l'année suivante.

Le 6 août 1857, les deux navires quittèrent Valentia, précédés du *Cyclops*, chargé d'indiquer la route, et accompagnés par deux corvettes anglaise et américaine, le *Leopard* et la *Susquehanna*, et par deux petits vapeurs de rivière destinés à agir par les très petits fonds. La majeure partie du câble d'atterrissement avait été immergée la veille par l'un de ces petits bâtiments, le *Willing mind*; l'épissure ayant été faite sur 3 milles de câble d'atterrissement qui restaient à bord du *Niagara*, le déroulement commença avec une vitesse de deux milles à l'heure.

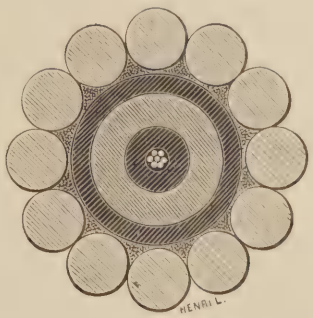


Fig. 15

Au bout de trois quarts d'heure, le câble sauta par-dessus l'une des poulies de la machinerie et se brisa: il fallut le reprendre dans une embarcation au rivage même et le suivre jusqu'au bout; l'épissure sur le câble du *Niagara* fut faite dans la soirée du 7 et le déroulement reprit immédiatement après.

Le passage des fonds de 500 à 1700 brasses s'était effectué sans difficulté et l'opération se poursuivait avec régularité, lorsque dans la journée du 11 août, la mer étant houleuse, les freins furent serrés inopportunément par un homme de manœuvre: un coup de tangage du navire brisa le câble à 20 brasses sous l'eau. La tension au dynamomètre n'était que de 1750 kilogrammes.

La profondeur de la mer, au point où se produisit l'accident, atteignait 2050 brasses. Le chemin déjà parcouru était de 274 milles et le câble dépensé de 334 milles marins.

La longueur de câble restant à bord du *Niagara* ne comprenant plus que 754 milles marins, qui joints aux 1088 milles de l'*Agamemnon* formaient un total de 1847 milles et cette longueur étant

Fig. 16

insuffisante pour la distance à parcourir (1640 milles) [1], les navires rentrèrent à Plymouth. Le câble fut débarqué et déposé à Keyham dans des bassins qu'on laissa à sec, dans la crainte de favoriser l'oxydation des fils de fer de l'armature. Les parties les plus défectueuses en furent coupées et une nouvelle longueur de 750 milles marins fabriquée dans les ateliers de MM. Glass Elliott et Cie de manière à porter à 2600 milles marins l'approvisionnement total.

La machinerie pour le déroulement du câble fut aussi complètement modifiée. Les quatre roues sur lesquelles s'enroulait successivement le câble en formant pour ainsi dire deux 8 renversés (fig. 16), furent démontées et remplacées par un système de freins dont une commission de la Société des Ingénieurs civils avait indiqué le principe et que Sir Ch. Bright fit construire.

A bord de l'*Agamemnon*, ces freins se compo-

(1) *Pose du câble transatlantique entre l'Irlande et Terre-Neuve*, par A. Delamarche Ingénieur hydrographe de la marine Paris 1858.

saient (fig. 17) de deux grandes roues A et B placées dans le même plan vertical et portant chacune quatre rainures profondes : sur les axes de ces deux roues étaient montés, deux à deux, quatre grands tambours sur lesquels frottaient des sabots en bois reliés entre eux par de fortes bandes en tôle qui en embrassaient presque toute la circonférence. L'une des extrémités de ces bandes était fixe ; l'autre était reliée à un jeu de leviers articulés N, munis de contrepoids, qu'on faisait mouvoir dans un sens ou un autre pour augmenter ou diminuer le frottement des sabots sur les tambours, et par suite pour ralentir ou accélérer leur vitesse de rotation. Deux roues montées sur les mêmes axes que les tambours et engrenant avec une troisième roue E solidarisaient le mouvement des roues A et B.

Le câble arrivant des cuves était maintenu par la poulie L, passait ensuite successivement dans les rainures des roues A et B dont il n'embrassait que les arcs extérieurs et se rendait à la poulie F et de là au dynamomètre. Celui-ci se composait d'une poulie G fixée à une pièce O qui pouvait glisser entre deux montants verticaux : cette pièce O portait une tige que l'on pouvait charger de poids variables et qui se terminait par un piston plongeant dans un corps de pompe rempli d'eau, afin d'éviter les chocs résultant d'une variation brusque dans la tension du câble.

Le câble arrivant de la poulie F, passait sous la roue mobile du dynamomètre, se rendait à une autre poulie placée à la même hauteur que la précédente et tombait à la mer. Le poids de l'équipage mobile G faisait fléchir d'autant plus le câble que la tension de celui-ci était moins considérable : une échelle tracée sur les montants de l'appareil et graduée préalablement pour diverses charges donnait immédiatement la valeur de la tension du câble à chaque instant.

Près du dynamomètre se trouvait une roue de gouvernail qui transmettait par l'intermédiaire d'une chaîne, le mouvement à la roue R : celle-ci était en relation avec la poulie Q qui faisait mouvoir le levier articulé N et par suite la tige M des freins. L'agent chargé de manœuvrer ces appareils suivait ainsi facilement les indications du dynamomètre et d'après l'observation de la tension, pouvait les serrer ou les desserrer, suivant les besoins, en tournant dans le sens convenable la roue du gouvernail.

Bien que constituant un progrès sérieux sur le passé, cette lourde machinerie, avec ses roues en fonte, ses engrenages, ses freins dont les sabots ne pouvaient être refroidis facilement, était encore bien imparfaite et on ne peut que s'étonner aujourd'hui qu'elle ait permis de mener à bonne fin une opération aussi délicate que l'immersion d'un câble dans de grandes profondeurs.

Le professeur W. Thomson avait fait construire au mois de mars ou d'avril 1858 ses premiers galvanomètres à miroir, instruments d'une exquise sensibilité et qu'il sut modifier de manière à les adapter soit aux essais à faire à bord ou à terre, soit à la transmission des signaux sur les longues lignes sous-marines.

Après quelques expériences préliminaires de déroulement et de relèvement faites au printemps de 1858 dans la baie de Biscaye, l'*Agamemnon* et le *Niagara* se rendirent au milieu de l'Océan entre Terre-Neuve et Valentia, épissèrent l'un sur l'autre les deux bouts du câble qu'ils portaient et se séparèrent le 16 juin en immergeant chacun, l'*Agamemnon* vers Valentia, le *Niagara* vers Terre-Neuve. Trois fois, le câble se rompit et l'opération dut être recommencée : on perdit ainsi environ 540 milles de câble. Après être rentrée à Queenstown, la flotille en repartit et pour la quatrième fois refit l'épissure au milieu de l'Océan. Le déroulement enfin se continua sans incident notable et le 5 août, la pose était heureusement terminée.

On avait constaté néanmoins, durant l'immersion, l'apparition successive de fautes graves et nombreuses dans l'isolement du câble : dès le début même de l'opération, les signaux avaient tout à coup complètement cessé de passer à travers le conducteur qui paraissait isolé. Au bout de deux heures les signaux reparurent aussi brusquement qu'ils avaient disparu précédemment et sans cause apparente. On attribua cette circonstance à une rupture du fil de cuivre due à la tension que supportait le câble pendant sa descente dans l'eau ; une fois arrivé au fond de la mer, la tension ayant cessé, les deux bouts du conducteur en cuivre devaient revenir au contact l'un de l'autre et rétablir ainsi la communication.

La longueur totale du câble immergé ayant été de 1910 milles marins, on en conclut que la perte ou différence entre la longueur du câble et le chemin parcouru était de 16 o/o environ.

Des dépêches de félicitations furent échangées entre la Reine d'Angleterre et le Président des

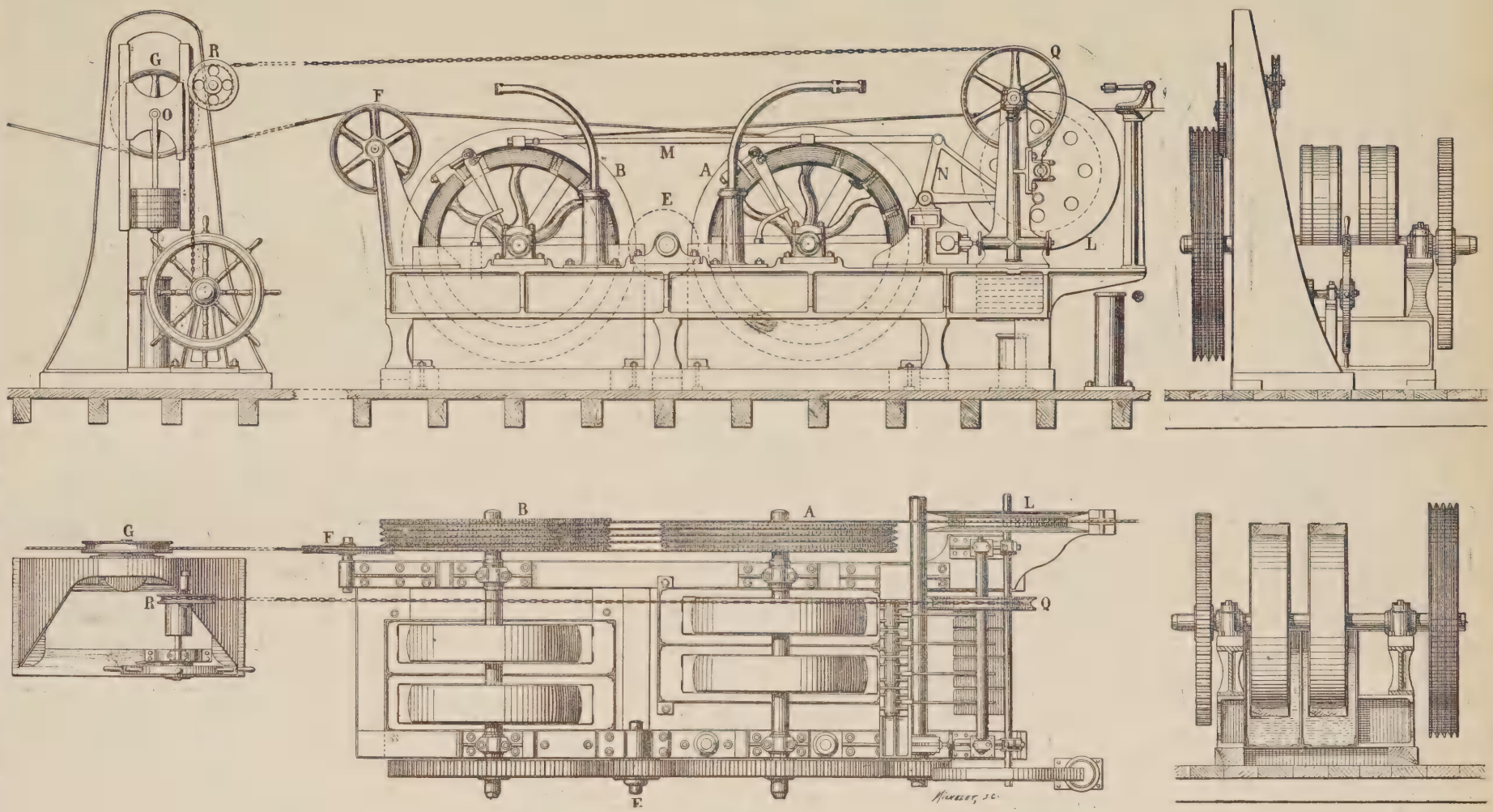


Fig. 17

États-Unis ; de bruyantes démonstrations de joie, se traduisant par des illuminations qui mirent le feu à l'Hôtel de Ville de New-York, des processions aux flambeaux, des salves d'artillerie, se produisirent dans toute l'Amérique. L'Angleterre se préparait à célébrer, de son côté, la réalisation de ce rêve gigantesque de l'union entre les deux mondes, lorsque les signaux, qui n'avaient jamais été bien nets, devinrent de plus en plus confus : l'existence d'un nouveau défaut, d'une extrême gravité, fut constatée dans l'isolement du câble ; ce défaut paraissait devoir se trouver à 300 milles environ de Valentia. On put, pendant quelques jours encore, maintenir la communication, à l'aide des récepteurs à miroir que Sir W. Thomson venait de faire construire ; mais, le 1er septembre 1858, les signaux devinrent inintelligibles et disparurent complètement le lendemain. Les bobines d'induction de M. Whitehouse n'avaient servi à Valentia que pendant quelques jours ; des piles avaient été employées ensuite comme générateurs d'électricité dans cette station : les récepteurs à miroir de Sir W. Thomson y avaient été installés presque immédiatement après l'ouverture de la ligne. A Terre-Neuve, au contraire, on avait fait usage des machines magnéto-électriques et d'un relais ; aussi la réception des signaux y avait toujours été plus difficile qu'à Valentia.

Pour des motifs qui sont restés inconnus, les appareils de transmission n'avaient été prêts à fonctionner à Terre-Neuve que le 10 août, de telle sorte que la communication avait effectivement duré vingt jours seulement ; elle n'avait pas été livrée au public. Le gouvernement anglais avait pu toutefois contremander à temps le départ de deux régiments sur le point de s'embarquer au Canada pour rentrer en Angleterre et réaliser ainsi une économie de plus d'un million : cette circonstance mit en lumière les avantages que l'on devait retirer des communications télégraphiques entre les deux continents et ne contribua pas peu à faire surgir de nouveaux projets.

Des tentatives furent faites en 1860 pour réparer le câble, mais durent être bientôt abandonnées par suite du mauvais état de l'armature en fer ; les câbles d'atterrissement seuls furent relevés.

La cause déterminante de l'interruption de la communication ne put par suite être assignée avec précision, bien que, d'après ce que nous avons expliqué plus haut, il existât, dans le câble, un grand nombre de fautes qui devaient nécessairement et à bref délai, amener la destruction de la ligne. On a blâmé aussi les électriciens d'avoir envoyé dans le câble, après son immersion, le courant de 480 éléments de pile et des courants électro-magnétiques d'une intensité analogue. La vitesse de transmission maxima obtenue correspondait à 120 signaux simples, par minute, avec des courants alternés, en comprenant par signaux simples une succession de points également espacés. Cette vitesse devait représenter environ 2 mots 3/4; mais, en fait, on atteignit à peine 1 mot de 5 lettres par minute, en moyenne, en se servant d'un relais ; avec le galvanomètre Thomson, on obtenait 2 mots par minute. La transmission du télégramme du Président Buchanan dura plus de trente heures.

Malgré l'insuccès final de l'entreprise, il restait néanmoins démontré expérimentalement, d'une part, qu'il était possible d'immerger un câble dans les profondeurs de l'Océan, et d'autre part, que des signaux réguliers et intelligibles pouvaient être transmis à travers l'énorme distance de 2000 milles marins qui sépare l'Irlande de l'Amérique.

Câbles de la mer Rouge et des Indes

M. Lionel Gisborne ayant obtenu du gouvernement ottoman, en 1857, l'autorisation d'établir une ligne télégraphique en Egypte et d'immerger un câble dans la mer Rouge, constitua une compagnie du *Télégraphe de la mer Rouge et des Indes* qui se proposa de relier l'Angleterre à ses possessions indiennes. L'importance de cette ligne et les premiers échecs que venait de subir, dans cette même année, la Compagnie du télégraphe atlantique, décidèrent au commencement de 1858, le gouvernement anglais à accorder à la nouvelle compagnie une garantie d'intérêts, comme il avait fait pour la Compagnie atlantique.

La ligne, dont les points extrêmes étaient Suez et Kurrachee (3043 milles marins), fut divisée en deux parties : la première, de Suez à Aden (1358 milles) avec atterrissements intermédiaires à Cossire et Suakim, fut posée en 1859. Les diverses sections de cette ligne furent mises successivement hors de service. Celle de Suakim à Aden, qui avait été posée avec une tension trop forte, fut réparée une première fois en 1860, mais fut interrompue de nouveau quelques jours après. Une partie du câble relevé fut trouvée couverte

de coquillages et d'herbes marines qui avaient préservé le fer de l'oxydation ; mais, en beaucoup d'autres points, l'armature extérieure était complètement rongée par les roches sur lesquelles le câble avait reposé.

La deuxième partie de la ligne, d'Aden à Kurrachee (1685 milles), avec atterrissements intermédiaires à Hallain et à Mascate, fut immergée en 1860 : en certains points, on atteignit des fonds de 2000 brasses. Des fautes se déclarèrent très promptement sur ces trois sections : la compagnie n'ayant ni le personnel spécial, ni les moyens matériels nécessaires pour faire exécuter les travaux de réparation, les câbles durent être abandonnés sans avoir, pour ainsi dire, rendu aucun service.

Le câble, fabriqué par MM. Newall et Cie était formé d'une cordelette de sept fils de cuivre pesant 82 kilogrammes par mille marin, recouverte de deux couches de gutta-percha alternant avec deux couches de composition Chatterton, mélange plus plastique que la gutta-percha et destiné à produire une adhérence plus intime de la gutta avec le cuivre et des diverses couches de gutta entre elles. Le poids total du diélectrique était de 96 kilogrammes par mille. L'âme était enveloppée de chanvre goudronné et de dix huit fils de fer de 2 millimètres de diamètre : aux abords des côtes, l'armature extérieure était composée de neuf fils de fer de 5,5 millimètres.

La vitesse de transmission entre Aden et Hallain, la plus longue section de la ligne (718 milles), était de cinq mots par minute.

Commission chargée d'étudier les conditions de fabrication, d'immersion et de réparation des câbles sous-marins.

Emu par les échecs successifs de la Compagnie Atlantique et de celle de la mer Rouge et des Indes, dont les pertes représentaient plus de trente millions de francs et à qui il avait donné une garantie d'intérêts, le gouvernement anglais résolut, en 1859, avant d'engager davantage sa responsabilité, de s'éclairer sur l'avenir qui pouvait être réservé à la télégraphie sous-marine.

Une commission de huit membres, nommés moitié par le *Board of Trade*, moitié par la *Compagnie du Télégraphe atlantique* (1), fut chargée de faire une enquête sur la « meilleure manière de construire, poser et maintenir les câbles télégraphiques sous-marins ».

Cette commission, présidée par le capitaine Douglas Galton, consacra vingt-deux séances, du 1er décembre 1859 au 4 septembre 1860, à interroger les ingénieurs, professeurs, physiciens, marins et constructeurs qui avaient pris part jusqu'alors, à des titres divers, à des travaux de télégraphie sous-marine et dont l'expérience ou les connaissances pouvaient l'éclairer. Elle fit porter ses investigations sur la composition de tous les câbles fabriqués antérieurement ou en cours de fabrication à ce moment, sur la qualité des divers matériaux employés, les circonstances particulières qui s'étaient produites durant la fabrication de tous ces câbles, et celles qui se rapportaient à leur immersion, sur la route suivie, les essais électriques auxquels les câbles avaient été soumis aussi bien pendant la fabrication que pendant la pose, les appareils et la vitesse de transmission des signaux, etc. Des expériences furent entreprises, sous sa direction, pour étudier : 1° l'influence de la température et de la pression sur les matières isolantes entrant dans la composition des câbles ; 2° l'allongement et la résistance à la rupture des fils de cuivre, de fer et d'acier et du chanvre goudronné, séparés ou réunis. D'éminents savants, tels que MM. Wheatstone, Latimer Clark, Matthiessen, Allen Miller, Dr Werner et William Siemens, Fleeming Jenkin, etc., étudiaient de leur côté et faisaient connaître à la Commission les propriétés électriques du cuivre pur ou allié à d'autres métaux, ainsi que celles de la gutta-percha ; la perméabilité à l'eau des différentes substances employées comme isolants, les causes chimiques de leur altération, les phénomènes électriques de charge, de décharge et d'induction dans les câbles, des méthodes nouvelles d'essais pour la vérification des conditions électriques des conducteurs sous-marins et la recherche des défauts, la théorie de l'immersion des câbles, etc.

La Commission déposa son rapport au mois d'avril 1861. Elle y déclara en terminant qu'à son avis, les échecs qu'avaient éprouvés les lignes

(1) MM. Robert Stephenson, Douglas Galton, Wheatstone, W. Fairbairn et Geo. Bidder, représentaient le *Board of Trade* et MM. Edwin Clark, Cromwell F. Varley, Latimer Clark et Geo. Saward, la *Compagnie atlantique*. M. Stephenson mourut peu de temps après le commencement des travaux de la Commission.

sous-marines soumises à son examen étaient dus à des causes qu'on eût pu éviter, si la question avait été suffisamment étudiée.

Elle était convaincue, en outre, que si la spécification, la fabrication, l'immersion et l'entretien des câbles sous-marins étaient faits suivant les principes qu'elle posait, les entreprises de ce genre pouvaient devenir aussi heureuses qu'elles avaient été malheureuses jusque-là.

Les événements ont justifié les prévisions de la Commission, et les principes fondamentaux qu'elle a posés font encore loi aujourd'hui dans la télégraphie sous-marine.

Ce rapport a été imprimé par ordre du gouvernement anglais avec les procès-verbaux des séances, les comptes-rendus des expériences provoquées par la Commission, ainsi que les notes, rapports et dessins remis par les ingénieurs consultés; l'ensemble de ces documents forme un in-folio, véritable monument élevé à l'honneur de cette Commission dont l'œuvre sera toujours considérée comme un modèle d'investigation scientifique.

Dans cette même année 1861, l'*Association britannique pour l'avancement des sciences* chargeait une Commission composée de MM. Williamson, Wheatstone, Sir W. Thomson, Miller, Matthiessen et F. Jenkin auxquels furent adjoints plus tard Sir Ch. Bright et MM. Maxwell, W. Siemens, Balfour Stewart, C. F. Varley, Foster, Latimer Clark, Forbes, Ch. Hockin et le Dr Joule de déterminer un système rationnel d'unités des différentes grandeurs électriques et de reproduire des étalons matériels de ces diverses unités.

Les travaux de cette Commission durèrent huit ans et ne furent entièrement terminés que dans le courant de l'année 1869. Le système d'unités électromagnétiques absolues dont l'ohm, l'ampère, le farad, le volt et le coulomb sont des unités dérivées, est son œuvre qui a été consacrée, en 1881, par une Commission internationale dans laquelle étaient représentées toutes les nations civilisées. La construction de ces étalons, en substituant aux unités arbitraires répandues alors en grand nombre parmi les électriciens, des grandeurs parfaitement définies, toujours identiques à elles-mêmes, a permis de donner à toutes les questions de mesures électriques une netteté et une précision inconnues jusque-là, et a ainsi rendu à l'industrie de l'électricité et à la science elle-même un immense service.

Câble de Malte à Alexandrie

Fabriqué pour le compte du Gouvernement anglais qui avait projeté, en 1859, de l'immerger entre Falmouth et Gibraltar, où l'on rencontre des fonds de 2500 brasses, ce câble avait dû être posé ensuite entre Rangoon et Singapore où les fonds n'atteignent pas 100 brasses : la guerre de Chine ayant pris fin avant qu'il ne fût prêt à être immergé, sa destination fut changée une troisième fois, et il servit définitivement à constituer une communication indépendante avec l'Égypte, l'une des escales de la route des Indes. L'âme, calculée pour transmettre au moins cinq mots par minute, dans un circuit de 1200 milles, était formée d'un toron de sept fils de cuivre pesant 180 kilogrammes par mille marin, et de trois couches de gutta-percha pesant également 180 kilogrammes par mille et alternant avec de la composition Chatterton. L'âme seule se trouvant fabriquée au moment du premier changement de destination de ce câble, les fils d'acier, entourés de chanvre, qui devaient constituer son armature extérieure, furent remplacés par dix-huit fils de fer de 3 millimètres de diamètre. Des soins particuliers avaient été apportés à la fabrication de ce câble : le Gouvernement anglais avait choisi comme électriciens MM. Siemens, Halske et Cie qui imaginèrent un système complet et rationnel d'essais électriques des câbles durant leur fabrication et leur immersion, construisirent des instruments d'une extrême délicatesse pour effectuer ces essais, et enfin, introduisirent un étalon de résistance électrique, qui resta presque universellement en usage parmi les électriciens jusqu'au moment où parut la nouvelle unité déterminée par le Comité de l'Association britannique l'*Ohm*. Les glaînes d'âmes ne furent essayées qu'après vingt-quatre heures d'immersion dans de l'eau chauffée à 24 degrés centigrades : elles furent soumises, en outre, à des épreuves de vide et de pression destinées à faire éclater les bulles d'air qui pouvaient être restées dans le diélectrique. La gutta-percha ayant été trouvée un jour percée accidentellement, on remarqua que sous l'action de la pression, l'eau s'était frayé un chemin le long du toron de cuivre. Pour obvier à cet inconvénient, M. W. Smith imagina d'enduire le conducteur central de la cor-

delette de cuivre, de composition Chatterton, avant de former le toron, de manière à en boucher tous les interstices et empêcher les bulles d'air d'y rester enfermées.

L'âme avait été fabriquée par la *Compagnie de la Gutta-percha;* le revêtement extérieur fut fait dans les ateliers de MM. Glass, Elliott et Cie. Par suite de craintes mal fondées, on avait évité d'installer sur les bâtiments qui devaient recevoir le câble des cuves étanches : le câble ne put conséquemment être conservé sous l'eau à bord. Il en résulta qu'il se trouva soumis à des alternatives d'humidité et de sécheresse qui facilitèrent l'oxydation rapide de l'armature en fer. Cette énorme masse métallique se trouvant renfermée dans un très petit espace, dégagea une quantité de chaleur telle que la température y dépassa de plus de 14 degrés centigrades la température de l'air extérieur; il fallut constamment arroser le câble et pomper ensuite l'eau d'arrosage.

Ce câble a été immergé, en 1861, en trois sections : Malte-Tripoli, Tripoli-Benghazi et Benghazi-Alexandrie, dont la longueur totale est de 1331 milles. Sur la deuxième section, comprenant 508 milles, on put transmettre dix mots par minute. Des interruptions nombreuses se produisirent successivement sur chacune des trois sections ; mais comme toute la ligne reposait sur des fonds de 120 brasses à peine, il a toujours été facile de réparer les avaries.

Ce câble a été remplacé, en 1868, par une ligne directe de Malte à Alexandrie.

WUNSCHENDORFF

(*A suivre*)

VARIATION DE LA

CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE

DU BISMUTH

DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

J'étudiais sur le bismuth le phénomène connu aujourd'hui sous le nom de *phénomène de Hall*, lorsque je découvris (9 avril 1884), l'augmentation de résistance électrique offerte par ce métal dans un champ magnétique. J'ai montré d'ailleurs que le phénomène de Hall consiste en une déviation des lignes équipotentielles et il m'a paru naturel d'en voir la cause aussi bien que de la variation de la résistance, dans une modification moléculaire du métal analogue à celle que l'on constate sur le verre, dans les mêmes conditions au moyen des propriétés optiques.

Nous reviendrons prochainement sur les expériences relatives à cete étude, qui fait l'objet d'une thèse soumise depuis quelques mois à l'examen de la Faculté des Sciences.

Persuadé que les modes de propagation de la chaleur et de l'électricité offrent plus d'un point de ressemblance, et que l'analogie bien connue des tables de conductibilités électriques et calorifiques est loin d'être due au hasard, je fus conduit à supposer que la conductibilité calorifique du bismuth devait diminuer dans un champ magnétique aussi bien que la conductibilité électrique, et que les lignes isothermes d'un flux de chaleur traversant ce métal, devaient s'incliner sous l'influence du champ comme les lignes équipotentielles.

C'est ce que j'ai entrepris de vérifier au mois de février dernier, à l'issue du travail de longue haleine auquel je viens de faire allusion, et l'expérience a pleinemeut confirmé mes prévisions; j'ajouterai même que, autant que peuvent en décider des expériences en quelque sorte préliminaires, ces nouveaux phénomènes se présentent dans les mêmes conditions, avec la même intensité que leurs analogues en électricité.

Je suis porté à croire qu'il y a au moins proportionnalité entre eux, et l'on conçoit que, s'il en est ainsi, l'étude de la variation et de la conductibilité calorifique d'un métal quelconque sera très délicate. Elle sera néanmoins rendue possible par l'application de la troisième méthode que j'ai suivie pour le bismuth.

I. VARIATION DE LA CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE

1re *Méthode.* — Je prépare un barreau de bismuth de 7 à 8 m.m. de diamètre et 0,30 à 0,40 m. de longueur, en coulant le métal fondu dans un tube de verre convenablement chauffé. Le verre se fend plus ou moins au moment de la solidification du bismuth par suite de l'augmentation de volume considérable qu'il présente à ce moment; j'achève de le briser pour débarrasser le barreau de sa gaîne.

Ce dernier est ensuite placé entre les surfaces polaires d'un fort électro-aimant, et l'une de ses

extrémités est introduite dans une étuve à vapeur d'eau.

Un élément thermo-électrique relié à un galvanomètre convenable sert à prendre la température de divers points du barreau, ou plutôt l'excès de cette température sur celle de l'air.

Il se produit dans la soudure une certaine force électromotrice proportionnelle à cet excès ; on la mesure par la méthode de compensation.

Or il est facile de constater que la température du point touché s'abaisse toujours, quand on excite l'électro-aimant ; cela prouve suffisamment que la chûte de température le long de la barre a été augmentée, ou que la conductibilité calorique a diminué.

Proposons-nous de mesurer le rapport c'/c des conductibilités du bismuth placé successivement dans le champ et hors du champ.

Soient 3 points équidistants A,B,C (fig 1), tels

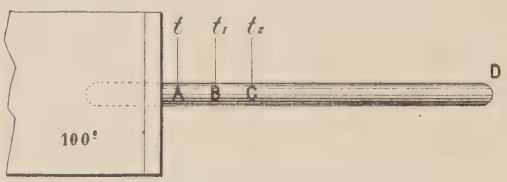


Fig. 1

que le point A, aussi voisin que possible de l'étuve, soit déjà dans le champ. Désignons par t_1, t, t_2 les excès de température de A,B,C et par x les distances égales AB et BC.

La longueur du barreau étant suffisante pour que son extrémité soit à la température ambiante, on peut écrire en désignant par a un coefficient convenable:

$$t_1 = t\, e^{-ax}$$

$$t_2 = t_1\, e^{-ax}$$

On en déduit:

$$\frac{t - t_1}{t_1 - t_2} = e^{ax}$$

et

$$ax = \mathrm{L}\,\frac{t - t_1}{t_1 - t_2}$$

On obtient de même une deuxième valeur a' de a, lorsqu'on excite l'électro-aimant, et le rapport des conductibilités c' et c est donné par la formule

$$\frac{c'}{c} = \frac{a^2}{a'^2}$$

2e *Méthode.* — La détermination exacte des positions données successivement à la sonde thermo-électrique est difficile. On est d'autant plus exposé à commettre de ce chef une erreur relative considérable que les points de contact doivent être très rapprochés, à cause de la chûte rapide de la température dans le bismuth, car ce métal est, comme on sait, un des moins conducteurs.

On obvie à cet inconvénient de la manière suivante en profitant du pouvoir thermo-électrique très-considérable du bismuth.

Aux trois points A,B,C, l'on soude 3 fils de platine. A cet effet, il m'a paru avantageux de fixer à l'avance les 3 fils dans la paroi du tube de verre qui sert à mouler le barreau, de manière qu'ils dépassent légèrement à l'intérieur.

Le platine se trouve ainsi bien inséré dans le bismuth dont la conductibilité n'est pas pour cela sensiblement altérée. Il convient enfin de ne point se débarrasser de la gaîne de verre; elle a l'avantage de diminuer la conductibilité extérieure.

Les 2 fils A et B, par exemple, constituent avec le bismuth interposé deux couples B_i-P_i opposés, et la différence de température $(t-t_1)$ se traduit par une différence de potentiel qui lui est proportionnelle. Cette dernière est mesurée comme ci-dessus au moyen du galvanomètre par la méthode de réduction à zéro.

Je donnerai, comme exemple, les résultats d'une expérience dans laquelle on avait à peu près AB = BC = 2 c.m.

Le champ valait environ 7800 GS.

(Les différences de température sont représentées par les différences de potentiel en microvolts).

	$t - t_1$	$t - t_2$
En l'absence du champ...	1950	572
Avec le champ.....	2060	583

Le calcul ci-dessus exécuté sur ces nombres donne

$$\frac{c'}{c} = 0{,}86$$

Or j'ai trouvé autrefois, en opérant sur plu-

sieurs fils de bismuth préparés comme le barreau actuel, que leur résistance électrique augmente dans les mêmes conditions de 18 à 20 o/o, ce qui correspond à une diminution de conductibilité de 16 o/o en moyenne (au lieu de 14). La divergence entre ces derniers nombres peut être attribuée aux particularités de l'échantillon examiné ; ainsi la vitesse plus ou moins grande de la solidification du métal a déterminé la formation de cristaux plus ou moins volumineux, etc. Je dois ajouter que l'expérience actuelle comportait certaines causes d'erreur, et que l'égalité AB = BC n'était pas exactement réalisée. Aussi, suis-je très disposé à admettre que les conductibilités électrique et calorifique d'un même échantillon sont diminuées dans le même rapport dans les mêmes conditions.

Je compte m'en assurer incessamment et j'ai préparé dans ce but un nouveau barreau muni de 3 fils tels que AB = BC = 25 m.m. à 1/2 m.m. près. Pour éliminer l'influence de cette légère inégalité qu'il est difficile d'éviter, j'ai disposé, en outre, l'expérience de la manière suivante.

3e *Méthode.* — Un quatrième fil de platine est soudé au bismuth à l'extrémité D que nous supposons à la température ambiante (excès = o). Ce fil est relié d'une manière permanente au galvanomètre, dont on fait d'ailleurs communiquer successivement la deuxième borne avec les fils A,B,C. On obtient ainsi immédiatement la mesure des excès $t\,t_1 t_2$. Il suffit de connaître deux d'entre eux pour déterminer le coefficient a ; car l'on a

$$L\frac{t}{t_1} = ax$$

ou bien

$$L\frac{t}{t_2} = a(x + x_1)$$

si l'on désigne par x, la distance BC.

Il convient de prendre la moyenne des trois valeurs de a fournies par trois excès pris deux à deux. On achèvera le calcul comme tout à l'heure, et l'on aura par exemple :

$$\frac{c'}{c} = \frac{a^2}{a'^2} = \left\{\frac{\log t - \log t_2}{\log t' - \log t'_2}\right\}^2$$

Remarque. — Il est bon d'observer que la différence des températures $(t_1 - t_2)$ de deux points B et C convenablement éloignés de la source peut rester invariable lorsqu'on introduit le bismuth dans un champ d'une certaine valeur, et que si l'on éloigne alors à la fois ces deux points (sans changer la distance BC) la différence de température $(t_1 - t_2)$ diminuera dans le champ au lieu d'augmenter, comme cela s'est présenté dans l'expérience rapportée plus haut.

En effet, soit x la distance du point B à un certain point A placé à l'entrée du champ, et dont, en conséquence, la température ne change pas pendant l'expérience, et considérons un point C dont la distance à B est de 1 centimètre par exemple. On aura successivement

$$t_1 = t\,e^{-ax} \qquad t_2\,t\,e^{-a}$$
$$t_1' = t\,e^{-a'x} \qquad t_2' = t_1'\,e^{-a'}$$

La valeur de x pour laquelle

$$t_1 - t_2 = t'_1 - t'_2$$

est donc donnée par l'équation

$$t\,(1 - e^{-a}) = t'_1\,(1 - e^{-a'})$$

ou

$$e^{-ax}(1 - e^{-a}) = e^{-a'x}(1 - e^{-a'})$$

d'où

$$x = \frac{1}{a' - a}\left\{L(1 - e^{-a'}) - L(1 - e^{-a}\right\}$$

On voit donc que la différence de température $(t_1 - t_2)$ pourra augmenter ou diminuer par la production d'un certain champ magnétique, suivant que l'on donnera à A B une valeur inférieure ou supérieure à x ainsi calculé.

II. Déviation des lignes isothermes

Première expérience. — Soit une lame de bismuth de 4 centimètres de largeur, 4 millimètres d'épaisseur, et d'une longueur suffisante (20 centimètres par exemple), pour que son extrémité libre soit sensiblement à la température ambiante lorsque l'autre extrémité est portée à 100° dans l'étuve (fig. 2).

Plaçons cette lame entre les surfaces polaires de l'électro-aimant distantes de 5 millimètres par exemple, (elle se trouvera normale aux lignes de

force), et appliquons en un point A, à quelques centimètres de l'étuve, une sonde thermo-électrique reliée comme précédemment au galvanomètre. Ramenons enfin au zéro, par une compensation convenable, l'aiguille de ce dernier qui a été déviée sous l'influence de l'excès de la température de A sur celle de l'atmosphère.

Il est facile de constater que la température du point A est modifiée en général, quand on excite l'électro-aimant, et en tous cas lorsqu'on renverse le champ. Voici, à mon sens, comment il faut envisager le phénomène.

Représentons par les grandes flèches courbes (fig. 3) le sens du courant magnétisant, et supposons par exemple la lame placée en avant d'un pôle austral. La ligne isotherme A B est déviée dans le même sens que la ligne équipotentielle de même nom, dans le cas où le flux calorifique est remplacé par un courant électrique. Elle prend donc la direction A′ B′. Mais en vertu de

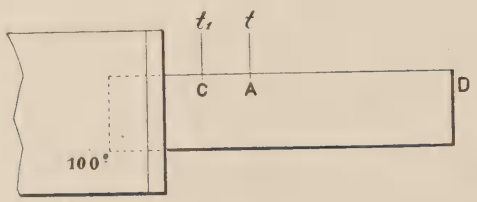


Fig. 2

la diminution de conductibilité constatée plus haut, elle se transporte à peu près parallèlement à elle-même en A″ B″.

L'effet constaté en A est la différence des deux autres, tandis qu'en B l'on observe la somme de ces deux effets. Il en résulte que la variation de température du point A peut être positive ou négative, suivant la position de ce point et la largeur de la lame, tandis qu'en B l'on observe nécessairement un abaissement de température.

Il est évident que l'inverse se produit, lorsqu'on donne au champ magnétique la direction opposée.

On remarquera encore, qu'il existe du côté de A, un point dont la température ne change pas quand on produit le champ. La détermination de ce point permettrait de calculer la déviation δ (A O A).

La mesure de cet angle s'obtient plus facilement par le renversement du champ. On élimine ainsi l'effet du magnétisme rémanent, et la diminution de conductibilité. La variation de température observée θ est due à la déviation double $2\,\delta$.

Soit l la largeur de la lame, et désignons par z une petite distance portée sur le bord de la lame, dans un sens ou dans l'autre, à partir du point A, telle que

$$\delta \frac{l}{2} = z$$

Il est clair qu'il suffirait de déplacer le point A de la quantité z dans un sens convenable, pour détruire l'effet de la déviation.

Donc, si l'on désigne par τ l'excès moyen de la température de A dans le champ, on peut écrire

$$\tau (e^{bz} - e^{-bz}) = \theta$$

Le coefficient b, analogue de a' dans les expé-

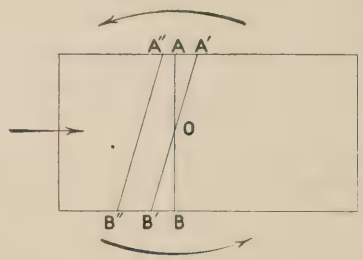


Fig. 3

riences ci-dessus, devra être déterminé directement par l'une des méthodes que j'ai indiquées. Voici la disposition à laquelle je donne la préférence.

Deuxième Expérience. — Trois fils de platine sont soudés au bismuth en A, C, D (fig. 2). Ces fils permettent de mesurer comme nous l'avons vu plus haut, les excès τ et τ_1, des points A et C (dans le champ) ; et l'on a en désignant par y la distance A C

$$b\,y = \mathrm{L}\frac{\tau_1}{\tau}$$

La variation θ de l'excès τ est obtenue trop simplement pour qu'il soit utile d'insister.

L'exposant $b\,z$ est assez petit pour qu'on puisse borner à ses premiers termes le développement de $(e^{bz} - e^{-bz})$, et l'on peut écrire

$$2\,b\,z\left(1 + \frac{b^2 z^2}{6} + \frac{b^4 z^4}{120}\right) = \frac{\theta}{\tau}$$

On aura même une valeur très-approche en ne conservant que le premier terme, ce qui donne

$$2\,b\,z = \frac{\theta'}{\tau}$$

et par suite

$$\delta = \frac{\theta}{b\,l\,\tau}$$

Je me suis principalement appliqué jusqu'ici à constater les faits que je viens d'exposer. Une seule mesure, effectuée d'ailleurs dans d'assez mauvaises conditions, m'a donné dans un champ égal à 9,500 C. G. S. une déviation δ comprise entre 2° et 3°. Or, dans les mêmes conditions, j'ai observé antérieurement des déviations des lignes équipotentielles variant de 3° à 5° environ. On voit que si les deux phénomènes ne sont pas exactement égaux, ils sont tout au moins du même ordre de grandeur.

Remarque. — J'avais à peine commencé ces recherches, lorsque j'eus connaissance d'un travail publié par MM. Ettingshausen et Nernst (*Poggendorf Annalen*, n° 10, 1886), dans lequel ces auteurs arrivent à des conclusions contraires aux miennes, ou plutôt négatives. Aussi, me suis-je, à dessein, dans certaines expériences, rapproché le plus possible des conditions dans lesquelles ils avaient opéré.

MM. Ettingshausen et Nernst ont observé, en particulier, que si l'on soude en deux points A et B d'une ligne isotherme (fig. 3), deux électrodes réunies aux bornes d'un galvanomètre, il se produit sous l'influence du champ une force électromotrice entre ces points A et B. Ils ignorent la cause de ce phénomène; mais ils affirment qu'il n'est point de nature thermo-électrique.

Ils ont vérifié, en effet, disent-ils, que la température des soudures ne varie pas sous l'influence du champ, et que le phénomène ne change pas quand on fait varier la nature des électrodes.

Ce dernier fait est peu surprenant, car le pouvoir thermo-électrique du bismuth est tellement considérable par rapport à celui des autres métaux, en général, que l'on altère peu la force électro-motrice d'un couple à bismuth, en faisant varier l'autre métal. Il est probable cependant que l'on observerait un changement notable, si l'on employait successivement le fer et le maillechort.

Quant à la première affirmation, je ne puis me l'expliquer qu'en admettant que ces observateurs ont opéré dans un champ de direction constante, et ont placé par hasard leur sonde thermo-électrique, au voisinage du point dont la température reste, en effet, invariable, pour la raison que j'en ai donnée ci-dessus.

A. Leduc

NOUVEAUX

MANIPULATEURS MORSE

A CLAVIER

L'alphabet Morse employé actuellement pour le transit international a été adopté en 1875 par la conférence internationale de télégraphie de St-Pétersbourg [1]. A part quelques changements dans les indications de service, c'est celui qui fut proposé par la conférence internationale de Vienne en 1868 [2], en partant des principes de l'alphabet de 1850.

Ce dernier fut le premier alphabet Morse établi d'après des règles fixes. L'association des télégraphes allemands-autrichiens l'adopta dès sa fondation, pour l'Autriche, la Prusse, la Bavière et la Saxe [3] en adoptant l'appareil Morse lui-même.

L'alphabet de 1850 se distingue surtout de celui proposé par Morse (*Shaffner*, *Telegraph Manual*, p. 404, 470, 430) en ce qu'il n'emploie que deux longueurs différentes de traits, au lieu de quatre, et en ce que les intervalles entre les traits de la même lettre sont tous égaux entre eux et plus courts que ceux qui séparent les lettres et les mots.

Cette simplification de l'écriture facilita le maniement du manipulateur, mais, comme au poste récepteur, la bande de papier se déroulait d'une manière continue, on devait, pour obtenir une bonne impression, facilement lisible, mouvoir le manipulateur ou la clef très régulièrement en suivant une certaine mesure.

---

(1) *Journal télégraphique*, t. IX, p. 221; t. IV, p. 456.

(2) *Journal télégraphique*, t. III, p. 135.

(3) *Zeitschrift des deutsch-oesterreichischen Telegraphen-Vereins*, t. I, p. 100.

Cet inconvénient, a longtemps fait croire qu'il était très difficile d'apprendre à télégraphier, ce qui, non-seulement retarda l'utilisation de ce système par les compagnies de chemins de fer, mais encore, engagea à substituer plus ou moins directement le travail d'une machine à la main du télégraphiste.

Il est certain qu'on ne peut pas employer uniquement une machine, car un télégramme est composé de signes dont l'ordre et le groupement varient toujours, ce qui nécessite l'intervention d'un employé. On peut résoudre la question de deux manières différentes, toujours dans le cas de l'alphabet Morse.

Le télégramme peut être préparé d'avance à l'aide de types spéciaux qui sont ensuite transmis uniquement par la machine. C'est un procédé analogue à la composition d'un cliché pour l'impression d'un livre et on aura besoin, de même que dans l'imprimerie, d'un grand nombre de lettres ou de types de chacun des divers caractères.

Le télégramme ainsi préparé d'avance se transmet à la station réceptrice sans l'intervention d'aucun employé. C'est ce qui a lieu dans les différents systèmes de *Télégraphes automatiques*. Le télégraphiste n'a d'autre travail que celui de préparer le télégramme dont l'exactitude peut être immédiatement vérifiée.

On sait que Morse s'est occupé dès l'origine de la construction d'un appareil analogue, (*voir*, Vail : *Le Télégraphe Électromagnétique Américain*; Paris 1847, p. 32 et 33).

Dans le second cas, au contraire, à chaque caractère correspond un seul type, et l'employé doit non seulement faire choix des types, mais veiller à ce qu'ils soient télégraphiés à temps voulu et dans l'ordre exact, et ensuite les mettre hors de l'action de la machine.

Dans ce cas, les organes mécaniques diffèrent beaucoup suivant les systèmes. Ainsi pour le tableau de Morse (*Flat correspondent*, voir Shaffner, *Telegraph Manual*, New-York, 1859, p. 430; Vail : *Le Télégraphe électromagnétique*, p. 39; Blavier : *Nouveau Traite de Télégraphie électrique*, t. I, p. 190), le télégraphiste doit faire presque tout le travail, car il faut faire glisser avec une vitesse constante un stylet métallique au-dessus des types, représentés par des lames de cuivre incrustées dans de l'ivoire.

Le plus souvent cependant, on fait usage d'un manipulateur ou d'un clavier dont on abaisse les touches pour télégraphier; quelquefois on emploie, en outre, un mouvement d'horlogerie.

Depuis l'invention des télégraphes, on a souvent proposé et encouragé la construction de ces manipulateurs [1]. La méthode la plus simple consiste à utiliser le mouvement des touches du clavier pour transmettre la dépêche, mais les difficultés pratiques sont assez grandes pour l'employé, car ce mouvement doit être uniforme et très régulier. Si la transmission est effectuée au contraire par le moyen d'un mouvement d'horlogerie spécial, le travail de l'employé sur le clavier n'a pas besoin d'être régulier, le manipulateur servant uniquement à placer les types dans une position déterminée, pour laquelle seulement, la transmission est possible [2].

Le plus ancien manipulateur est celui de Morse que Vail décrivait déjà, en 1845, sous le nom de *Key-board* ou *Keyed-correspondend*. (Voir aussi Schaffner, *loc. cit.* p. 426). Il utilisait un mouvement d'horlogerie; et les 37 signaux étaient marqués sur un cylindre.

Lorsqu'on abaissait un petit galet, chacun des 37 contacts venait s'appuyer sur le signal correspondant du cylindre. La figure 1 en donne une coupe suivant le caractère — . — . qui correspond à la lettre *j*.

A l'intérieur est une lame de laiton *m*, auquel sont soudées les quatre pièces de laiton, et le reste de la surface est recouverte de bois *h*. La flèche indique le sens de la rotation.

---

(1) La direction des télégraphes Autrichiens à offert au mois d'août 1865 un prix de 2000 florins à l'inventeur du meilleur manipulateur Morse (*Zeitschrift des deutsch-œsterreichischen Telegraphen-Vereins*, t. XII, p. 71.)

Du Moncel a décrit les manipulateurs Joly et Reynard (1855) dans la *Revue des applications de l'électricité* en 1857 et 1858 (Paris 1859 p. 205 et 207) et celui de Ailhaud (1862) dans son *Exposé des applications de l'électricité* (3e éd., t. III, p. 138)

Gaspare Sacco a exposé à Milan en 1871 un manipulateur à 28 touches pour la transmission des signaux Morse par le télégraphe à aiguille.

Siemens a breveté un clavier le 23 avril 1850.

(2) Le manipulateur automatique des signaux à cloche des chemins de fer autrichiens peut être envisagé comme un cas particulier du manipulateur Morse. Il se compose d'un seul levier de contact qu'on peut placer sur les différents types à transmettre (voir *Zetzche, Handbuch der Telegraphie*, t. IV, p. 399.

Le cylindre n'était couplé avec le mouvement que pendant la transmission d'un caractère, et cela au moyen d'un levier abaissé au moment de l'expédition du caractère; dès que tous les éléments de celui-ci étaient venu en contact avec le galet, les deux leviers étaient relachés, et un contrepoids ramenait le cylindre dans sa position de repos.

Le premier manipulateur sans mouvement d'horlogerie fut construit par le mécanicien G.-E. Schwinck, de Berlin, et décrit en 1854, dans le *Journal de l'Association des Télégraphes austro-allemands*, (t. I, p. 104). Les types sont formés d'une manière semblable à ceux du tableau de Morse, mais en relief et saillant de la surface cylindrique d'une plaque creuse; chaque touche forme un levier coudé; tant que la branche horizontale du levier est abaissée, la branche verti-

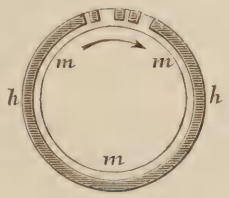


Fig. 1

cale établit le contact avec la surface creuse; dès qu'elle se relève, un contre-poids et un ressort interrompent la communication.

On évite la perte de temps causée par l'ascension des touches, en employant deux séries de touches; chaque série est composée de 20 touches [1] montées de manière à être indépendantes, sur un axe commun et portant chacun un levier coudé; ceux-ci étaient munis de 20 boutons disposés en 2 séries de 10. En abaissant un bouton avec le doigt, le bras horizontal de ce levier descend, en fléchissant un ressort, jusqu'à ce qu'il arrive sur une traverse; les deux bouts de cette traverse reposent dans les deux jambes d'un chassis soutenu par un contrepoids dans sa position de repos. Le doigt, continuant son effort, faisait descendre la traverse et soulevait le contrepoids jusqu'à ce que le bras vertical du levier fut en contact avec un arrêt commun pour toutes les touches. Ce contact s'établissait par une petite pièce placée sur le levier et de longueur variable, telle que le contact se trouvait établi au moment où une pointe fixée au bras vertical du levier arrivait au-dessus du dernier élément du caractère correspondant.

Le temps nécessaire à la transmission des différents signaux était donc proportionnel à la longueur des pièces fixées sur les leviers correspondants. De plus, la pointe en glissant sur un des éléments en relief du caractère, poussait la plaque en arrière et la plaçait contre une pièce de platine pour donner ainsi passage au courant. On

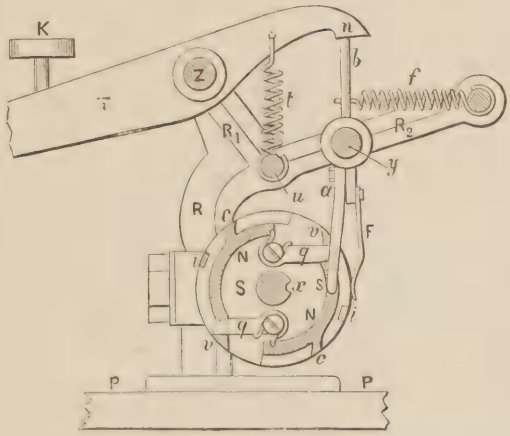


Fig 2

travaillait alternativement avec les deux mains sur les deux séries de touches.

Deux nouveaux manipulateurs ont été inventés dernièrement et ils rentrent dans les deux classes que nous avons distinguées. L'un, imaginé par M. *Georges Washington Baldrige*, de Saint-Louis, sur le Missouri, a été breveté en Allemagne (n° 38279, le 31 mars 1886) et en Angleterre (n° 5093, le 12 février 1886); l'autre, qui a obtenu en Autriche-Hongrie un brevet privilégié le 3 décembre 1886, est l'œuvre du lieutenant *Johann Starèeviè*, de Premysl.

Il n'est pas encore possible de dire si l'un ou l'autre de ces appareils, sera plus employé que les premiers types de ce genre.

Le manipulateur mécanique de Baldrige utilise, comme celui de Morse, un mouvement d'horlogerie pour la transmission des signaux. La figure 2 permettra de comprendre son fonctionnement.

[1] Pour les lettres *a b c d e f g h i l — n p r s t u u e z*. On télégraphiait *k, m, w* et *o* en abaissant simultanément les touches *b* et *v*, *d* et *u*, *l* et *v*, *ue* et *z*. Les lettres *ae, j, oe, q, x, y*, les 10 chiffres et les 9 signes de ponctuation exigeaient un certain nombre d'abaissements successifs.

Sur un axe *x* mis en mouvement par le moteur sont montés autant de disques métalliques S qu'il y a de caractères à transmettre ; ceux-ci ont une forme correspondant à celle des caractères Morse et les différentes parties sont séparées par un isolant *i* ; on pourrait aussi utiliser un disque non conducteur et fixer à sa surface des parties conductrices.

Le contact correspondant à l'établissement du courant ne se fait pas directement entre le levier actionné par la touche et le disque, mais bien au moyen d'un ressort F fixé sur une petite tige *a* mobile autour de l'axe *y* et qui exerce toujours la même pression sur le disque pendant sa rotation au moyen du ressort *f*.

Dans la position de repos de la touche, l'extrémité supérieure *b* de la tige *a* est retenue par le bout du levier T qui empêche ainsi l'action du ressort *f*; l'autre extrémité de *a* porte une pointe *s* qui glisse à la surface du disque et empêche le contact de F et du disque. Chaque disque présente une rainure N qui sert de guide à la pointe *s* et offre deux ouvertures d'entrée *c* et deux de sortie *v*, sur la surface du cylindre.

Dès qu'on presse le bouton K, le ressort *f* pouvant agir fait entrer *s* dans la rainure par la première ouverture qui se présente, et établit ainsi le contact en F, qui a ainsi lieu pendant toute la rotation du disque.

Lorsqu'on cesse de presser sur le bouton K, le ressort *t* appuie la tête *n* sur l'extrémité de *b*; ce qui empêche le levier de revenir à sa place. Dès

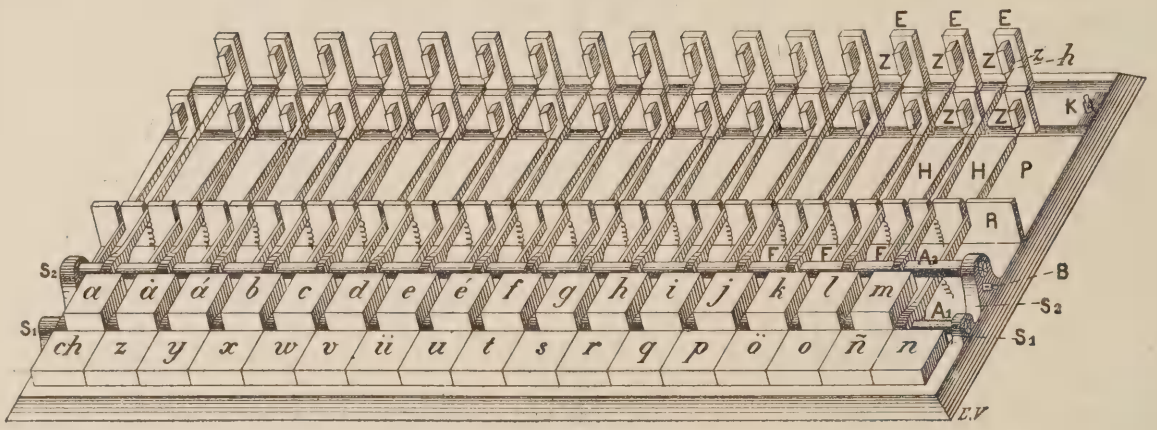


Fig 3

que le caractère est complètement télégraphié, la pointe *s* sort de la rainure N par une des ouvertures *v*, qui sont immédiatement refermées par les pièces *q*; le contact F est rompu et la tige *ab* retourne se placer dans sa position de repos, derrière le bec *n* du levier T.

Ce n'est qu'à ce moment que la touche F se relève ce qui indique que la transmission du sigal est effectuée.

On a 41 leviers T parrallèles, et chacun est muni d'un bouton K, qui sert à les abaisser; les boutons sont réparties en 4 séries.

Les leviers, les disques et les tiges *a* sont montés sur des axes communs *z*, *x*, *y* fixés au bâti R, R_1, R_2 de l'appareil, et le tout repose sur une plaque P.

Le mouvement de rotation de l'axe *x* et des disques est continu et a naturellement lieu toujours dans le même sens; chaque disque porte un même caractère répété deux ou trois fois sur son pourtour, afin que chaque transmission ne nécessite pas un tour complet.

Le brevet allemand ne parle pas de la disposition des caractères sur les différents disques; mais pour que l'écriture soit lisible et régulière il faut que les différents éléments soient tous de même longueur. Comme dans l'alphabet Morse, le nombre des éléments de chaque lettre varie de 1 à 6, les pièces correspondantes n'occuperont pas toutes la même longueur sur le pourtour des disques et ceux-ci les contenant tous le même nombre de fois, ils devront être séparés par des espaces vides plus ou moins longs suivant les lettres.

Il nous paraitrait avantageux que la longueur *cv* de chaque rainure fût la même, afin que les ouvertures de sortie *v* et les pièces *q* qui les ferment occupent partout la même position. Si de plus l'arc *vc* était partout le même, les ouver-

tures v et c seraient sur deux droites parallèles à x. De cette manière le disque tournerait toujours du même angle entre la fin d'un signal et le commencement du suivant. C'est de cet angle et de la vitesse de rotation que dépend le temps qui peut s'écouler depuis le moment où une touche revient en position jusqu'au moment où l'on doit abaisser la touche de la lettre suivante.

Mais si, au contraire, le manipulateur est construit comme nous venons de le dire, et il semble d'après la figure 2, qu'il doit en être ainsi, les espaces vides des différents disques étant inégaux seront en rapport direct avec la place occupée par chaque lettre et le temps nécessaire à la transmission de chaque signal sera le même.

On perd ainsi beaucoup de temps [1], et les différents signes de l'alphabet Morse seront séparés par des intervalles inégaux, puisque la bande

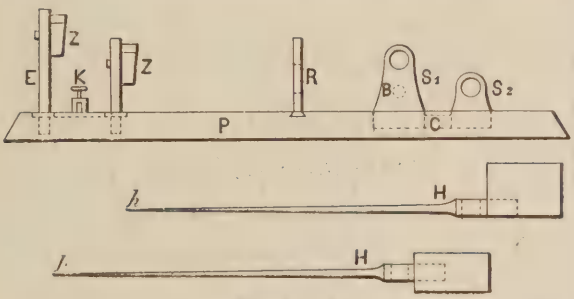


Fig. 4 et 5

de papier du récepteur se déroule avec une vitesse constante. La lecture en devient plus difficile, car on distingue moins bien les différents mots et on emploie en outre plus de papier qu'il n'en faudrait avec une impression régulière.

L'inventeur cherche à rendre plus facile la lecture du télégramme, en séparant les mots par un signe spécial (tel que m et n télégraphiés simultanément) par une touche spécial (touche des espaces). Mais, quoique l'employé soit averti par le relèvement de la dernière touche frappée que le dernier élément du caractère est transmis, il est à craindre qu'il ne donne pas toujours le nouveau caractère au moment voulu et qu'ainsi le rendement du manipulateur ne se trouve encore diminué.

D'autre part, l'emploi d'un moteur possédant une vitesse suffisamment uniforme, assure une impression des types plus régulière que celle que l'on obtient en télégraphiant à la main.

(1) Ce défaut existe aussi, par exemple, dans le Multiplex de Meyer.

Le manipulateur Starčević n'offre pas ces derniers inconvénients, mais il exige une plus grande attention du télégraphiste. Cet appareil, comme du reste celui de Schwinck, n'utilise aucun moteur et nécessite naturellement plus de régularité et d'uniformité dans la manœuvre du clavier; c'est de cela que dépend la régularité de l'écriture, et la longueur des traits se trouve aussi être en rapport direct avec la rapidité du mouvement des touches.

La figure 3 présente une vue perspective de ce manipulateur, et les lettres marquées sur les touches sont celles de l'alphabet adopté à la conférence internationale de télégraphie de Saint-Pétersbourg. Le clavier est fixé sur un bâti de bois P. Chaque touche est reliée à un levier métallique H dont l'extrémité h assez élastique, vient glisser sur la surface d'un prisme z, dès qu'on abaisse la touche. La pointe h fait ainsi le tour du

Fig. 6, 7 et 8

prisme, remontant à droite et descendant à gauche. Celui-ci se compose de parties métalliques isolées les unes des autres par du bois, de l'ébonite ou de l'ivoire, et reproduisant les différents signaux Morse. Chaque fois qu'il y a contact entre la pointe h et une partie métallique, le circuit de la ligne est fermé et le signal se transmet automatiquement à la station réceptrice.

La figure 4 montre une vue de côté de l'appareil, les leviers H de contact étant enlevés et représentés figure 5; le détail des prismes est figuré en 6, 7 et 8.

Les leviers tournent autour des axes S_1 et S_2 auxquels ils sont reliés électriquement; ils sont guidés dans leur course par une pièce de bois R et ramenés en place par des ressorts F.

Les supports E sont placés l'un au-dessous de l'autre, en deux séries, et les parties métalliques des prismes sont reliées à la borne K. Un des pôles de la pile communique avec la borne B, l'autre est relié à la terre; le fil de ligne part de K. Le jeu des touches est arrêté par le bâti P, pour

la série inférieure, et par l'axe A_1, pour la série supérieure.

Dès qu'on abaisse une touche, le circuit est fermé et le courant entrant en B passe par H *h*, les portions métalliques du prisme Z et sort en K. Les pièces de contact de Z étant, comme les signaux Morse, de deux longueurs différentes, le courant est fermé plus ou moins longtemps et les signaux correspondants se reproduisent sur un récepteur ordinaire. Si les traits obtenus sont trop courts, on n'a qu'à augmenter la vitesse de la bande de papier.

D'après la figure 8, tous les prismes sont de même grandeur et les pièces de contact ne couvrent pas partout la même surface, ce qui peut avoir une influence sur la régularité de l'écriture.

K....E

CONSIDÉRATIONS SUR QUELQUES THÉORIES RELATIVES A

L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Deuxième Note (1)

§ 1er. — De quelques conditions auxquelles une théorie de l'électricité atmosphérique doit satisfaire.

1°. Après avoir démontré que l'électricité ne peut traverser l'air ou les vapeurs que sous forme de décharge explosive, nous allons exposer quelques-unes des conditions auxquelles une théorie ds l'électricité atmosphérique doit satisfaire pour qu'on puisse la prendre en considération.

On dit communément que la foudre n'est qu'une décharge électrique qui a lieu entre deux ou plusieurs nuages, ou entre un nuage et la terre. Cependant, on voit bien souvent un éclair et l'on entend le bruit du tonnerre au sein d'un nuage isolé, sans que la foudre tombe sur le sol. Je pense même qu'un petit nombre d'observateurs ont vu la foudre éclater entre deux nuages.

J'ai eu l'occasion de faire un très grand nombre d'observations d'orages en plaine et en montagne, dans le but d'étudier la forme et la distribution des nuages orageux; mais, j'avoue que je n'ai jamais observé une décharge entre deux nuages séparés. Je ne dis pas, pour cela, que la chose soit impossible, ce doit être un phénomène très rare.

Spallanzani (1) s'est trouvé, sur le mont Cisa, au-dessus d'un orage, dont il avait traversé les masses orageuses en montant, et qu'il a pu ainsi observer du haut en bas et de très près.

« Je cherchais surtout, dit-il, à saisir le mode de production de l'éclair, pour reconnaître si c'était une étincelle électrique s'élançant d'un nuage à un autre, voisin, comme le pensent la plupart des physiciens modernes, lorsque le premier est électrisé positivement et le second négativement; mais il me fut impossible de rien voir de bien précis, car cet immense assemblage de vapeurs formait un tout uni et comme un seul nuage.

Je voyais de temps en temps apparaître dans ces vapeurs une grande étincelle, parfois simple et parfois divisée en plusieurs branches, qui, en un instant parcourait, souvent en zig-zag, un espace très étendu ».

En 1856, Henri de Saussure se trouvait, avec Peyrot, au bord du cratère du Névado de Toluca (4500 m.) au Mexique. « Un vent froid, dit-il (2) et désagréable remontait de ce gouffre, et pendant que nous prenions notre maigre repas, nous vîmes une nuée épaisse pénétrer dans le cratère par son échancrure Sud-Est, et remonter vers nous en léchant les parois de l'amphithéâtre.

« Bientôt nous fûmes enveloppés d'un brouillard glacial. Surpris par ce symptôme menaçant, nous vîmes que nous n'avions pas un instant à perdre si nous voulions visiter le cratère, et je commençai à me dévaler à travers les éboulis qui conduisent dans la profondeur de l'amphithéâtre. Mais à peine fus-je parvenu à mi-côte que l'orage éclatant avec une soudaineté surprenante, m'obligea à remonter un peu plus tôt vers le point de départ. Ce fut d'abord une pluie fine, puis *un petit grésil chassé par un vent violent*. En un clin d'œil, la montagne blanchit et le froid devint intense. Les coups de tonnerre qui s'étaient d'abord succédés par intervalles, roulèrent bientôt presque sans interruption et avec un fracas épouvantable, *surtout lorsqu'ils sortaient de l'amphithéâtre, du*

(1) *La Lumière Electrique*, t. XXIV, p. 457 (4 juin 1887).

(1) *Mémoires de la Société Italienne* vol. II, 2me partie, p. 892, et Luvini, *Sept Etudes*, p. 102.

(2) *Archives des Sciences Physiques*. t. 31, p. 19, 1868, et *Philosophical Magazine*. 1868, 1er semestre, p. 123.

cratère, où je vis plonger à plusieurs reprises la lueur de l'éclair ».

Le professeur Frédéric Craveri de Bra, météorologiste distingué, cité par Henri de Saussure, a fait, le 16 mai 1845, l'ascension du Névado de Toluca et le 15 septembre 1855, celle du sommet du Popocatepetl, où il a été témoin d'effets électriques semblables à ceux décrits par de Saussure. Prié par moi de me dire si, dans ses nombreuses observations, il a quelquefois vu la foudre éclater entre deux nuages séparés, il me répond en date du 20 mai 1887, qu'il n'a jamais rien observé de pareil.

Joseph Silberman (jeune) (1), après avoir remarqué que la plupart des physiciens, à propos des orages, admettent comme un fait constant l'existence de deux nuages distincts, superposés mais détachés l'un de l'autre, l'un étant électrisé positivement et l'autre négativement, ajoute : « Or, sur plusieurs centaines d'observations que j'ai faites dans le cours de plus de vingt années, je n'ai jamais rien observé de pareil.... Deux fois seulement entre deux nuages qui avaient tous deux la forme de champignons, séparés par une distance horizontale que la durée du tonnerre m'a permis d'évaluer approximativement de 16 ou 20 kilomètres. Entre ces nuages, dis-je, j'ai vu l'étincelle jaillir de l'un à l'autre. Les observations que je viens de rappeler me paraissent en contradiction avec les ouvrages les plus récents de physique, qui reproduisent toujours l'hypothèse des nuages d'électricité contraire. Je crois pouvoir conclure de mes propres observations que la théorie dont je parle n'est pas fondée sur les faits, qu'elle semble *une hypothèse imaginée à priori pour le besoin d'une explication toute faite.* »

Dans les décharges très énergiques, qui se manifestent parfois dans les orages de sable, dans les éruptions volcaniques (2) et dans les trombes atmosphériques, on n'a jamais observé la présence de deux nuages.

« Nous ne devons pas omettre une observation qui n'est pas sans importance, dit Becquerel (3) : on a vu souvent une trombe, dans son mouvement de translation, lancer des éclairs, déverser de la pluie, de la grêle qui se formaient sans aucun doute dans son intérieur, sans l'intervention de deux nuages... Ce phénomène doit se produire également dans les orages.

Voici comment je me suis exprimé à ce propos (*Sept Etudes*, p. 120) : « Les éclairs n'éclatent pas, comme on l'admet communément, entre deux nuages, ou entre un nuage et la terre, sans le concours de circonstances particulières. La plus grande partie des éclairs sillonne dans tous les sens le sein du nuage, où ils sont engendrés, et n'en sortent pas. Ils ne sont pas la conséquence de la réunion de deux masses distinctes d'électricités contraires accumulées à distance et s'élançant l'une sur l'autre. »

Je crois pouvoir conclure, de tout ce qui précède, qu'une théorie des orages, qui ne donne pas le moyen d'expliquer les coups de tonnerre au sein d'un nuage isolé, n'est pas admissible.

2. — Peltier a entrevu cette difficulté, mais il ne l'a pas surmontée. Voici ses paroles (1) : « Un nuage est formé d'une foule d'individualités *plus ou moins isolées*, plus ou moins distinctes et indépendantes : c'est ce qu'on appelle des flocons, des mamelons, des nuelles, etc. Chacune de ces individualités a sa sphère électrique ; puis le nuage tout entier a la sienne. Toutes ces sphères électriques sont en équilibre de tension entre elles. *Lorsqu'une décharge électrique a lieu, c'est l'électricité de la périphérie du nuage qui s'élance en étincelles;* elle forme à elle seule le coup de foudre, et aucune portion intérieure n'a pu y concourir à cause de l'isolement dont nous avons parlé. Mais après que la décharge extérieure a rompu l'équilibre, il s'opère une série de décharges partielles entre toutes les individualités composant par leur réunion la nuée générale, jusqu'à ce que toutes les réactions se soient équilibrées de nouveau. »

On voit d'abord que Peltier admettait avec tous les physiciens, que ces individualités, ces flocons, ces mamelons, ces nuelles, etc. forment, chacun, un tout conducteur, et qu'ils sont séparés par des espaces *plus ou moins isolants*. Cela n'est pas d'accord avec ce que j'ai démontré dans mes notes précédentes. D'abord, ces espaces ne sont

(1) *Comptes Rendus*, t. 58, 1864, p. 337.

(2) Luvini *Sept Etudes*, p. 188

(3) *Sur les zones d'orages à grêle, Comptes Rendus*, t. 35, p. 710 (1866).

(1) *Notice sur la vie et les travaux de Peltier*, p. 312, citée par M. Mascart, *Traité d'électricité statique*, t. II, p. 560.

pas *plus ou moins*, mais *parfaitement* isolants. En outre, chaque individualité, est de nouveau composée de parties parfaitement isolées entre elles ; car, tout nuage orageux, comme chacune de ses parties, est, en général, formé d'une foule de parcelles de vapeurs plus ou moins condensées, de gouttes, de poussière d'eau, d'aiguilles de glace, de flocons de neige, etc., et toutes ces parcelles, lorsqu'elles ne sont pas réciproquement en contact, nagent dans une atmosphère d'air et de vapeurs élastiques, isolateurs parfaits.

Selon Peltier, la décharge extérieure forme à elle seule le coup de foudre ; les décharges intérieures n'ont d'autre but que de rétablir l'équilibre des tensions, et produisent ce long roulement du tonnerre que tout le monde connaît.

Cette manière d'envisager le phénomène, raisonnable dans l'hypothèse des nuages conducteurs, n'est plus admissible dans l'état actuel de la science. Il y a deux cas à distinguer : le cas des décharges entre deux nuages ou entre un nuage et la terre, et celui beaucoup plus fréquent des décharges à l'intérieur d'un nuage isolé.

Dans le premier cas, le nuage ne peut être chargé que d'une espèce d'électricité ; les parcelles électrisées et isolées, dont il est composé se repoussent mutuellement. La détermination de l'équilibre de leurs tensions, de la direction des lignes de force soit à l'intérieur des nuages, soit au dehors, de la forme des surfaces équipotentielles, etc. constitue un problème insoluble dans l'état actuel de la théorie mathématique de l'électricité. On peut pourtant se faire une idée de la manière dont la décharge d'un tel nuage a lieu, en considérant que les lignes de force, hors du nuage, doivent se diriger comme autant de rayons, droits ou courbes, procédant du nuage et allant tout autour se terminer aux premiers corps conducteurs qu'ils rencontrent.

Toutes les parcelles conductrices qui se trouvent sur le passage de ces rayons, s'électrisent par induction, se polarisent, tournant vers le nuage leur face électrisée contrairement à celui-ci, et du côté opposé la face chargée d'électricité de même nom que celle du nuage. Tant que les tensions des conducteurs ainsi électrisés ne sont pas assez grandes pour déterminer une décharge, tout demeure en équilibre ; mais dès qu'entre deux parcelles quelconques sur une ligne ou sur quelques lignes de force a lieu une décharge disruptive, l'équilibre est rompu sur toutes ces lignes et sur leurs voisines.

Une décharge générale *peut* avoir lieu de ce côté du nuage. Cette décharge qui apparaît comme une grande étincelle, ou comme un assemblage d'étincelles, se propage avec la vitesse de l'éclair, et n'est pas unique ; elle est formée d'un nombre infiniment grand de petites décharges qui éclatent entre toutes les parcelles conductrices dont le nuage est formé, et entre celles qui étaient électrisées par induction jusqu'à la terre, ou à un autre nuage et même au-delà de ce dernier, suivant les cas. C'est la seule manière dont un nuage, chargé d'une seule espèce d'électricité, peut foudroyer un autre nuage ou un objet terrestre. Dans un tel nuage la décharge à l'intérieur est absolument impossible.

Cette explication est parfaitement d'accord avec les idées développées par Pouillet [1] pour expliquer la grande longueur de l'éclair. Voici comment il s'exprime : « Nos meilleures machines peuvent donner l'étincelle à un mètre au travers d'un air sec ; mais si l'on met quelques poussières sur une étoffe de laine ou de soie, on pourra faire partir l'étincelle à une distance plus grande. Si nous avions à notre disposition des machines assez puissantes pour qu'un léger brouillard autour de leurs conducteurs ne diminuât pas sensiblement leur tension, il est évident que les particules suspendues dans l'air feraient le même effet que les parcelles métalliques dans l'expérience précédente. Il me semble donc que, pour expliquer la longueur de l'éclair, il faut concevoir que, sur la route que l'éclair va prendre, les parcelles de vapeur et peut-être même les parcelles d'air se trouvent déjà électrisés par les influences contraires des électricités qui tendent à se précipiter l'une vers l'autre, et qu'à un instant donné l'équilibre est à la fin rompu, sans qu'il y ait transport du fluide de l'un des nuages sur l'autre, mais seulement transport successif ou vibration successive de couche en couche sur toute l'étendue que parcourt l'éclair. »

Pouillet, comme tous les autres physiciens, considérait chaque nuage comme chargé d'une seule espèce d'électricité.

4. — Pour que la foudre puisse éclater et s'étendre à l'intérieur d'un nuage sans en sortir,

[1] *Éléments de physique*, 6e édition, t. II, p. 751.

il faut nécessairement qu'une partie des parcelles conductrices qui composent le nuage soit électrisée positivement et une autre partie négativement. Ces deux parties doivent être mêlées l'une avec l'autre, car, autrement, elles formeraient deux nuages contigus, et on tomberait dans le cas précédent.

La décharge entre deux parcelles voisines, dans un tel nuage, peut rester isolée, ou bien déterminer la décharge des parcelles qui entourent les premières sur une étendue plus ou moins grande et même se propager dans le nuage entier, cela dépend de la grandeur des tensions électriques dans les diverses parties du nuage et de l'éloignement des parcelles électrisées [1].

5. — Ce n'est pas ici le lieu de développer les différents cas que les deux modes de décharges, que je viens d'expliquer, peuvent présenter selon le nombre des nuages qui se trouvent en présence les uns des autres, leur distribution dans l'espace, leurs distances et leur état électrique. Je me bornerai à conclure, de ce qui précède, une des conditions les plus importantes auxquelles toute théorie de l'électricité atmosphérique doit satisfaire pour qu'elle puisse être prise en considération, c'est qu'elle doit fournir le moyen d'expliquer l'électrisation contraire des parcelles conductrices entremêlées qui composent le plus grand nombre des nuages orageux.

6. — On a parlé et on parle encore bien souvent, dans les livres et dans les cours, de nuages électrisés par induction, en supposant qu'un nuage, sous l'action d'un corps inducteur, se divise, par rapport à l'état électrique, en deux parties, l'une, du côté de l'inducteur, électrisée contrairement à celui-ci, et l'autre, du côté opposé, électrisée comme l'inducteur. Je crois important de faire remarquer que cela n'est pas possible, car le nuage n'est pas conducteur. Ce n'est pas le nuage qui s'électrise par induction, mais chaque parcelle conductrice qui entre dans sa composition.

Cela bien établi, je passe aux considérations que je me suis proposé de faire sur quelques-unes des théories les plus connues de l'électricité atmosphérique.

(1) Luvini, *Sept études*, p. 180.

§ 2. — Théorie de M. Edlund [1]

7. — Je commencerai par la théorie du savant professeur qui m'a fourni l'occasion d'écrire ces notes, et je donnerai d'abord un aperçu de la théorie du même auteur relative à l'*induction* dite *unipolaire*, et de laquelle il fait dépendre l'origine de l'électricité atmosphérique, en me servant le plus possible de ses propres termes [2].

Soit un aimant d'acier rectiligne, vertical, pouvant être aisément mis en rotation autour de son axe, et entouré d'un manchon métallique en forme de cylindre, pouvant tourner également autour du même axe (p. 3 du livre de M. Edlund). Si l'on fait passer dans ce manchon le courant d'une pile allant du voisinage d'un des pôles de l'aimant vers l'équateur, ou *vice versa*, le manchon entre en rotation autour de l'aimant, tandis que ce dernier reste dans un état d'immobilité parfaite, et le courant galvanique n'exerce, par conséquent, aucune action rotatoire sur lui. Il est donc possible de faire tourner par la voie mécanique l'aimant autour de son axe, sans que l'action réciproque de l'aimant et du courant y porte le moindre obstacle. La seule résistance qu'il s'agisse de surmonter dans la rotation mécanique de l'aimant est occasionnée par les frottements, etc. (p. 4).

8. — Maintenant, si on remplace la pile par un galvanomètre, dès que l'on mettra mécaniquement le manchon en rotation, le galvanomètre indiquera la naissance d'un courant.... C'est donc la rotation du manchon autour de l'aimant qui donne naissance au courant induit, tandis que la rotation de l'aimant autour de son axe n'a rien à voir avec le phénomène, *à l'opposé de ce qu'ont admis plusieurs physiciens*.

9. — En faisant tourner ensemble l'aimant et le manchon (p. 5) il n'en résultera donc aucune modification dans l'induction de l'aimant. L'aimant agit en ce cas sur le manchon, comme si le

(1) Nos lecteurs trouveront l'exposé le plus récent de la théorie de M. Edlund, dans les *Annales de Physique et de Chimie*, t.XI, juin 1887. N. D. L. R.

(2) *Sur l'origine de l'électricité atmosphérique, du tonnerre et de l'aurore boréale*, par M. Edlund, professeur de physique à l'Académie Royale des Sciences de Suède, Stockholm, 1884.

premier était immobile et le dernier seul en rotation. *Il y a donc lieu de rejeter comme incorrecte l'opinion émise par plusieurs physiciens, que l'aimant ne peut produire d'induction unipolaire dans un conducteur avec lequel il est intimément uni.*

10. — Quand on met le manchon en rotation autour de l'aimant immobile (p. 8 et 9), le fluide électrique (éther) ou les deux fluides, entraînés par le manchon, se mettent en rotation avec lui dans la même direction. Ils forment donc des courants à circulation horizontale autour de l'aimant vertical, et leur intensité sera proportionnelle à la vitesse de rotation.

11. — Or (p. 8), un *seul* pôle magnétique agit sur un élément de courant ds avec une force directement proportionnelle au produit de l'intensité magnétique M du pôle, de l'intensité i du courant et du sinus de l'angle λ entre l'élément de courant et la droite reliant le pôle de l'aimant au même élément, et inversement proportionnelle au carré de la distance r entre ces derniers. La force en question peut donc s'exprimer par

$$\frac{M i \sin \lambda \, ds}{r^2}$$

Le point d'application de la force se trouve dans l'élément de courant, et sa direction est perpendiculaire au plan qui passe par le pôle magnétique et par l'élément de courant. Le sens dans lequel la force agit dans ladite direction dépend, du reste, de la direction du courant et de la nature du pôle.

12. — Calculant d'après cette formule l'action des deux pôles de l'aimant sur un élément de courant horizontal du manchon (n° 10), on trouve que cet élément est poussé, de chaque côté de l'équateur magnétique de l'aimant, dans la direction de la génératrice du cylindre-manchon vers le pôle le plus voisin, ou vers l'équateur, suivant le sens de la rotation du manchon. Voilà l'origine du courant unipolaire qui se manifeste dans le fil conducteur dont on appuie les extrémités sur deux points du manchon, l'un près du pôle de l'aimant et l'autre près de l'équateur.

13. — Ici, M. Edlund fait l'observation suivante :

« Si la naissance du courant induit unipolaire dépend de ce que les molécules électriques entrent en mouvement autour de l'aimant en même temps que le conducteur dans lequel elles se trouvent, il devra aussi naître un courant induit semblable dès que, le conducteur et les molécules électriques restant au repos, l'aimant est mis en mouvement autour d'elles, car le phénomène ne peut dépendre que du mouvement relatif entre l'aimant et ces molécules. » Voici comment il répond, lui-même, à cette observation : « Cela doit certainement être le cas, et nous en verrons des exemples dans la suite. »

14. « Maintenant, remplaçons l'aimant d'acier par l'aimant terrestre, et le manchon par l'atmosphère qui tourne avec l'aimant et emporte dans son sein l'éther, ou le fluide électrique. Nous avons dans l'atmosphère comme dans le manchon tournant et dans la terre elle-même une infinité de courants circulaires parallèles à l'équateur, exposés à l'influence de l'aimant terrestre.

15. — Faisant abstraction de l'inclinaison des axes magnétique et de rotation de la terre, on trouve que la résultante des actions des pôles magnétiques de la terre sur un élément d'un quelconque de ces courants, est partout perpendiculaire à la direction de l'aiguille de déclinaison, et agit dans le plan du méridien.

A l'équateur cette résultante est donc verticale, et elle s'incline de plus en plus à mesure que l'on se rapproche des pôles, où elle devient horizontale.

16. — M. Edlund étudie séparément les composantes horizontale et verticale de cette résultante. La première est dirigée, dans chaque hémisphère, de l'équateur aux pôles, et la seconde de bas en haut. Cette dernière augmente des pôles, où elle est nulle, jusqu'à l'équateur, où sa valeur est maxima.

Il en résulte que l'électricité positive, à l'équateur et aux hautes latitudes, est poussée avec plus d'énergie de la terre vers les régions élevées de l'atmosphère, tandis que, aux basses latitudes, elle est poussée plutôt dans la direction hori-

zontale (vers les pôles), que dans la direction verticale.

17. — Il en résulte ainsi un courant général qui, partant de la terre, dans les régions équatoriales, s'élève dans l'atmosphère, procédant vers les pôles, où, n'étant plus contrarié par la composante verticale, il descend de nouveau et rentre dans la terre. C'est de ce courant que M. Edlund fait dépendre les aurores polaires.

18. — Comme l'air n'est pas partout également bon conducteur, il s'ensuit que le courant en question rencontrera, aux divers endroits, des résistances variables et pourra suivre aisément son chemin dans une région, s'accumuler dans une autre et donner lieu aux effets connus de l'électricité atmosphérique.

Par exemple, « quand la vapeur d'eau se condense en formant un nuage (p. 36), celui-ci se charge du fluide électrique qui se trouvait accumulé dans l'air au même endroit. Le nuage, *qui est bon conducteur électrique*, se charge ainsi d'électricité positive. Il va sans dire que des nuages négatifs peuvent aussi se former à leur tour sous l'influence inductive de nuages positifs produits de cette façon. Si maintenant, les nuages sont devenus suffisamment électriques, le fluide électrique peut s'écouler à terre au moyen d'une décharge instantanée. Ces décharges ou coups de foudre prennent donc naissance lorsqu'il se forme des nuages et quand la résistance électrique entre eux et la terre comporte la grandeur requise. »

19. — Je passe maintenant aux considérations critiques sur cette théorie de M. Edlund.

J'avoue d'abord que l'auteur a présenté sa théorie de l'induction unipolaire d'une manière séduisante et qui, au premier aspect, peut bien tromper le lecteur; mais un peu de réflexion suffit pour en faire connaître le côté faible et montrer les contradictions dans les raisonnements de l'auteur et les conséquences absurdes auxquelles cette doctrine l'a conduit.

M. le docteur G.-B. Ermacora [1] a démontré que cette théorie est en contradiction avec le principe de la conservation des moments; car les courants électriques de M. Edlund seraient engendrés aux dépens de l'énergie du mouvement de rotation de la terre, ce qui finirait par détruire ce mouvement, et nous offrirait l'exemple paradoxal d'un corps tournant qui s'arrête *de lui-même* sans qu'un couple de forces opposé à son mouvement lui soit appliqué et sans, par conséquent, qu'une réaction égale et contraire se fasse sentir sur des corps environnants.

M. Edm. Hoppe [1] a fait davantage: il a détruit le fondement qui, seul, pourrait être sérieux pour la théorie de M. Edlund, celui de l'expérience. Répétant les expériences des n°s 8 et 9, d'abord avec un électro-aimant, et puis, pour répondre aux objections de M. Edlund, avec un aimant d'acier, il a démontré d'une manière irréfutable que le courant est toujours dû au mouvement relatif des lignes de force de l'aimant et du conducteur.

Le courant que l'on observe lorsque l'aimant et le manchon sont reliés l'un à l'autre et tournent ensemble, n'est pas engendré dans le manchon, mais dans le fil dont les extrémités appuient sur le manchon, et qui, étant fixe, est traversé par les lignes de force de l'aimant qui tourne.

20. — Après les expériences de M. Hoppe et les considérations de M. Ermacora, je pourrais bien me dispenser d'ajouter d'autres raisonnements et d'autres faits contre une doctrine dont les bases sont ébranlées. Mais, comme l'auteur ne s'est pas rendu aux objections de ses adversaires; qu'au contraire, il persiste et continue à soutenir ses idées; et comme quelques physiciens connus se sont basés sur cette doctrine pour bâtir de nouvelles théories, et que d'autres lui ont donné une sanction, selon moi, non méritée, je crois de mon devoir de continuer la discussion et de réduire cette théorie à sa juste valeur.

Une erreur d'un grand homme est plus nuisible que mille théories chimériques de personnes inconnues, et c'est rendre un service à la science que de la combattre. Je ferai voir que dans *l'induction unipolaire* il n'y a ni *unipolarité*, ni *induction*.

21. — La théorie de M. Edlund n'est qu'un

[1] Voir *La Lumière Électrique*, t. XXI, p. 591, 25 septembre 1886.

[1] *Annalen der Physik und Chemie;* neue Folge, t, XXVIII, p. 478 et t. XXIX, p. 544, 1886, et *La Lumière Électrique*, t. XXI, p. 452.

échafaudage d'hypothèses ; en voici quelques-unes.

1° L'électricité positive, selon M. Edlund, n'est autre chose que l'éther ; mais il ne fait aucune difficulté d'admettre la théorie des deux fluides, et dans ce cas il considère le mouvement des deux fluides, emportés par un anneau tournant, comme un courant électrique, quoique tous les deux tournent dans le même sens, tandis que dans les courants galvaniques ils tournent en sens contraires.

2° L'éther (ou les deux fluides) est fixe dans les corps, soit solides, soit fluides. Il est emporté par l'atmosphère dans son mouvement commun avec la terre, et constitue une infinité de courants circulaires parallèles à l'équateur, ou mieux, un immense courant unique.

3° (Celle-ci n'est pas trop d'accord avec la précédente). L'éther n'est pas fixé aux particules des corps, car l'induction unipolaire lui fait abandonner les anneaux d'air (ou du manchon) qui l'entraînent autour de l'axe terrestre (ou de l'axe de l'aimant d'acier), et il circule librement de l'équateur aux pôles.

4° Lorsqu'un aimant tourne autour de son axe, la position de ses lignes de force ne change pas dans l'espace ; car il engendre des courants dans le manchon qui lui est fixé et tourne avec lui (n°9), et en outre il ne fait pas dévier une aiguille aimantée placée près de lui tandis qu'il tourne (p. 6 du livre de M. Edlund).

5° (Autre contradiction). Lorsqu'un aimant tourne autour de son axe, la position de ses lignes de force change dans l'espace ; car (n° 13), dès que, le conducteur et les molécules électriques restant au repos, l'aimant est mis en mouvement autour d'elles, il se produit un courant induit.

22. — L'induction de M. Edlund n'est pas *unipolaire* dans le sens du mot. Car, quoique sa théorie soit basée sur la formule exprimant l'action d'un *seul* pôle, (n° 11), sur un élément de courant, dans l'application de cette formule il est obligé de tenir compte de l'action simultanée des deux pôles sur les courants de nouvelle espèce qu'il considère.

23. — Comment se fait-il donc qu'un savant aussi distingué que M. Edlund soit tombé dans une telle suite d'erreurs et que tant de monde se soit laissé tromper? C'est qu'on n'a pas fait attention au premier mauvais pas.

M. Edlund a confondu l'*action électro-dynamique des courants galvaniques et des courants d'Ampère* avec l'*induction magnéto-électrique*, choses complètement différentes. Je n'ai pas besoin de m'expliquer davantage sur ce point, car c'est une question qui appartient à la partie élémentaire de la science. La formule du n° 11 n'a rien à voir avec l'induction magnéto-électrique ; elle est relative à l'attraction et à la répulsion des courants, et aucunement à la génération de courant, par l'action magnétique.

Les courants s'attirent et se repoussent suivant leur position relative et leur direction. Deux courants parallèles parfaitement mobiles s'approchent l'un de l'autre ou s'en éloignent, mais aucun d'eux ne tend jamais à faire changer la direction de l'autre. Tel est le cas d'un courant circulaire parfaitement mobile ayant son centre sur l'axe d'un aimant, et dont le plan est perpendiculaire à l'axe lui-même. Il marche vers l'équateur de l'aimant, où a lieu son équilibre stable, s'il est dirigé dans le sens des courants d'Ampère ; dans le cas contraire, il s'éloigne de l'équateur ; dans tous les cas, il transporte avec lui le conducteur qu'il parcourt.

S'il y avait dans l'atmosphère les courants circulaires imaginés par M. Edlund, l'air, dans les les deux hémisphères, serait refoulé de l'équateur aux pôles. Je ne pense pas que M. Edlund veuille accepter cette conséquence.

24. — Après tout ce qui précède, il serait superflu d'étendre la discussion aux applications que l'auteur fait de l'*induction unipolaire* aux phénomènes de l'électricité atmosphérique et aux aurores, quoiqu'il serait aisé de démontrer que, même en admettant toutes ses prémisses, ses nouvelles théories des aurores et de l'électricité atmosphérique sont loin d'être acceptables.

J. Luvini

(*A suivre*)

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Sur la synchronisation d'une oscillaition faiblement amortie, par M. Cornu (1).

M. Cornu s'est proposé de résoudre le problème suivant :

Rendre les oscillations d'un système mobile donné (balancier, lame vibrante, galvanomètre, etc.) exactement synchroniques avec un mouvement périodique également donné (battement d'une horloge, d'un relais, etc.).

Le système oscillant est soumis a l'action :

1° D'une force proportionnelle à l'écart angu- θ ; 2° d'une force perturbatrice proportionnelle à la vitesse ; 3° de la force F destinée à produire le synchronisme et supposée, pour plus de simplicité, indépendante de la position du système.

L'équation différentielle du mouvement est

$$\mu \frac{d^2 \theta}{d t^2} + q \frac{d \theta}{d t} + {}^{\prime\prime}\theta = F$$

μ désignant le moment d'inertie du système, et l'intégrale générale de cette équation, expression du mouvement cherché, se compose de deux termes :

$$\theta = A\, e^{-\alpha t} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi\right) + \mathcal{F}$$

α désignant le coefficient d'amortissement et T la période du mouvement non synchronisé. Pour que cette période n'ait plus d'influence sur le mouvement, il faut et il suffit que le premier terme devienne négligeable au bout d'un temps fini ; l'analyse indique donc la possibilité de résoudre le problème à l'aide d'une *liaison synchronique*, à la condition, nécessaire et suffisante, que le mouvement libre du système soit une oscillation amortie, et le régime stable sera atteint d'autant plus rapidement que le coefficient d'amortissement sera plus considérable.

M. Cornu étudie successivement deux sortes de liaisons synchroniques :

1° Une liaison constituée par une force périodique suivant dans ses variations une loi pendulaire simple ; 2° une liaison constituée par une force périodique instantanée.

Première partie. — Si l'on veut que le régime stable du système oscillant soit uu mouvement pendiculaire simple, c'est-à-dire un mouvement représenté par la fonction circulaire

$$\mathcal{F} = \mathcal{B} \sin 2\pi \frac{t}{\Theta}$$

on trouve que la liaison synchronique doit être une force périodique variant aussi suivant une loi pendulaire simple de même période et pouvant être représentée, par conséquent, par la fonction

$$F = B \sin 2\pi \left(\frac{t}{\Theta} - \Phi\right)$$

Chose remarquable, il existe toujours une différence de phase entre la force F et le mouvement $\mathcal{F}$.

Cette différence de phase, qui correspond toujours à un retard du mouvement synchronisé, est donnée par la formule suivante :

$$\operatorname{tang} 2\pi\Phi = \frac{2\alpha \frac{2\pi}{\Theta}}{\alpha^2 + 4\pi^2 \left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{\Theta^2}\right)}$$

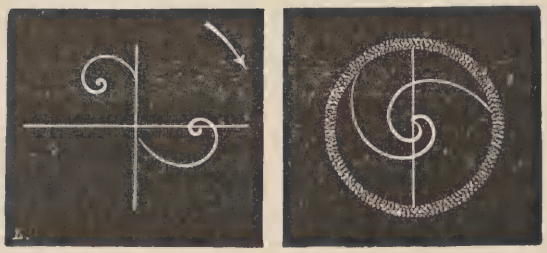
Les résultats de la théorie sont vérifiés à l'aide d'un galvanomètre du type Deprez-d'Arsonval, dont on peut faire varier le coefficient d'amortissement en introduisant dans le circuit des résistances plus ou moins considérables. La liaison synchronique est fournie par des courants induits qu'on obtient en faisant osciller à l'intérieur d'un solénoïde un aimant fixé à l'extrémité d'une lame vibrante.

L'effet produit par la liaison peut être mis en

(1) Séance du 17 juin 1887. Voir aussi pour le développement complet de ce problème : *Comptes rendus*, t. CIV, p. 1463 et 1656.

évidence d'une façon fort élégante : un faisceau lumineux, émané d'un petit diaphragme circulaire, se réfracte dans une lentille liée à la lame vibrante, se réfléchit sur le miroir du galvanomètre et produit finalement sur un écran un point lumineux.

Si la lame vibrante oscille seule, le point lumineux décrit sur l'écran une vibration verticale dont l'élongation représente à chaque instant, avec un retard d'un quart de vibration, la force électromotrice d'induction ; les oscillations du miroir du galvanomètre agissant seules, produiraient de même sur l'écran une vibration horizontale, et, si les deux organes se meuvent simultanément, on réalise, par la méthode de Lissajous, la composition optique du mouvement synchronisé et de la variation de la force synchronisante.



On voit sur l'écran une ellipse qui, après s'être déformée pendant quelques instants, garde une position fixe dans laquelle le retard entre les composantes horizontale et verticale est égal, à un quart de vibration près, au retard Φ. La disposition expérimentale permettant de faire varier α ainsi que la différence des périodes T et Θ, dans de larges limites, on peut vérifier jusque dans ses moindres détails les indications de la théorie.

Deuxième partie. — Dans l'étude d'une liaison synchronique constituée par une force instantanée périodique, M. Cornu distingue deux cas, dans chacun desquels il suppose les périodes T et Θ peu différentes.

Premier cas : l'oscillation primitive est non amortie. — Il ne doit pas y avoir de synchronisation possible, mais la théorie indique que les amplitudes des oscillations varient comme les rayons vecteurs d'un mobile qui décrirait, d'un mouvement uniforme, un cercle excentrique par rapport au pôle ; le système oscillant exécute de véritables battements.

Second cas : l'oscillation primitive est faiblement amortie. — Une oscillation de ce genre peut être représentée par une spirale logarithmique rapportée à des actes de coordonnées obliques et supposée décrite par un mobile fictif avec une vitesse angulaire uniforme : l'abscisse de ce mobile représente à chaque instant l'élongation, et l'ordonnée, la vitesse de l'oscillation considérée. Si une force instantanée périodique est appliquée à une pareille oscillation, les amplitudes successives varient comme un rayon vecteur d'une autre spirale logarithmique excentrique par rapport à l'origine des coordonnées, et supposée décrite avec une vitesse angulaire constante.

Pour vérifier expérimentalement ces indications de la théorie, on s'est servi d'un lourd pendule battant *à peu près* la seconde, dont les oscillations peuvent être plus ou moins amorties par le passage d'un aimant fixé au pendule au travers d'un solénoïde fermé. Un autre aimant, fixé également au pendule, sert à développer dans un autre solénoïde des courants d'induction qu'on envoie dans un galvanomètre Deprez-d'Arsonval, de telle sorte que les élongations de ce dernier reproduisent, avec un retard qu'on peut rendre négligeable, les vitesses du pendule. La composition optique de ces deux mouvements, s'ils ont même amplitude, fournirait la spirale logarithmique représentative du mouvement du pendule.

Ceci posé, la force synchronisante est produite par l'action d'un courant électrique envoyé toutes les deux secondes par une horloge astronomique et, au même instant, l'image d'une étincelle d'induction, réfléchie sur le miroir du pendule et sur celui du galvanomètre, est fixée sur une plaque photographique. La succession de ces images dessine, conformément à la théorie, une spirale logarithmique; c'est celle qui est représentée sur la première de nos figures ; la source lumineuse n'est découverte qu'au moment du passage du courant synchronisant.

La seconde figure se rapporte au même cas, mais le courant synchronisant n'agissant plus sur le pendule.

Un nouveau relais dit relais-boussole.

M. Krösswang a décrit dans le numéro de mai de la *Zeitschrift fur Elektrotechnick* un nouveau relais télégraphique auquel il a donné le nom de relais-boussole ; cette dénomination provient de ce que l'action du noyau de fer doux d'un électro-aimant est en quelque sorte accessoire et ne fait que s'ajouter à celle du solénoïde, l'action de ce dernier étant dans bien des cas suffisante pour un

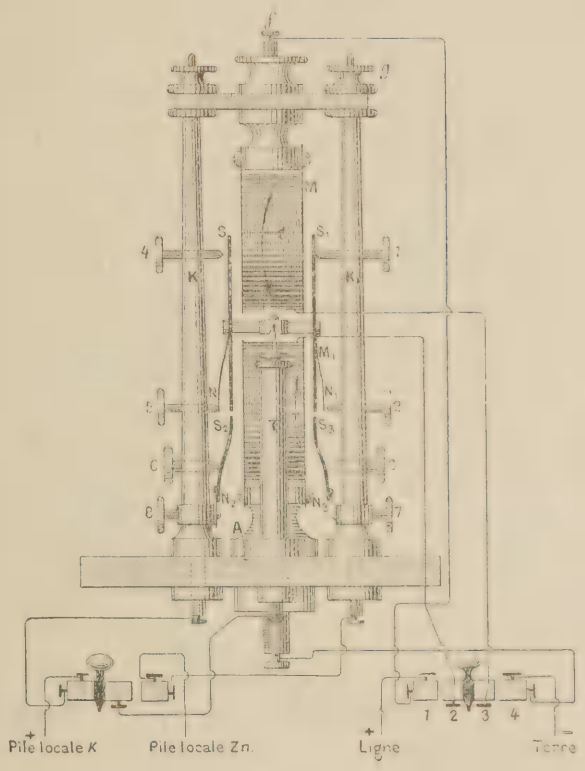


Fig. 1

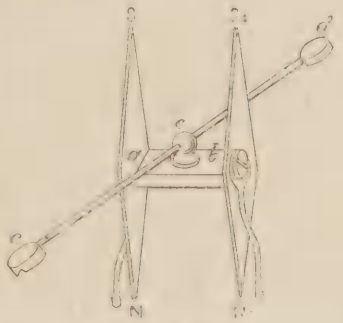
fonctionnement satisfaisant de l'appareil. Nous conserverons donc le nom donné par l'inventeur, quoique nous ne soyons pas parfaitement convaincu de la légitimité de cette appellation.

Le relais-boussole se compose (fig. 1) de deux bobines M. et M_1 dont le rayon extérieur est de 30 m.m. et le rayon intérieur de 3 m.m., tandis que sa longueur est de 15 m.m. seulement.

Le noyau ou cylindre creux de fer doux a 2,5 m.m. seulement de diamètre.

La bobine M est portée par les deux tiges K et peut être déplacée à volonté à l'aide des vis *g* ; la bobine inférieure M_1 est fixée sur le support A qui permet un déplacement latéral ; le réglage est parfait lorsque les faces des bobines sont dans le même plan vertical ainsi que les noyaux de fer doux. Les dimensions des bobines ont été choisies comme ci-dessus en s'écartant de celles qui sont généralement admises, parce qu'on a eu spécialement en vue l'action électrodynamique du solénoïde sur les aimants N S et $N_1 S_1$ et qu'il y a dans ce cas intérêt à augmenter le rayon de la bobine tout en diminuant sa longueur.

Le système magnétique sur lequel l'action des bobines M et M_1 doit s'exercer se compose de deux aiguilles aimantées N S et $N_1 S_1$, fixées verticalement aux extrémités d'un axe *a b* (fig. 2) portant une boule *c* ; celle-ci supporte une tige *e d* terminée par deux chapes *e* et *d* qui s'appuient sur la pointe des supports T (fig. 1) : le système



oscille ainsi autour de l'axe *e d* avec le moindre frottement possible.

Les aimants N S et $N_1 S_1$ sont placés dans la même position relativement à leurs pôles et chacun d'eux porte une lame élastique vis-à-vis des bornes 2 et 5 en communication métallique avec les bornes de la batterie locale de l'appareil. Les vis 1 et 4 fixées sur les supports K et isolées de ceux-ci servent à limiter la marche du système magnétique.

Deux aimants compensateurs $N_2 S_2$ et $N_3 S_3$ servent à faciliter le réglage et permettent d'obtenir avec facilité la sensibilité désirée. Les mouvements de réglage de ces aimants sont commandés par les vis 3,7 et 6,8.

On peut aussi utiliser deux autres aimants semblables placés dans la partie supérieure de l'appareil mais ceux qui sont indiqués sur la figure suffisent en général à assurer un bon fonctionnement.

Il est facile de se représenter le jeu de l'appareil.

Un courant positif, par exemple, arrivant de la ligne, passe par les bornes 1 et *f*, puis dans la bobine M, les bornes 3 et 2, la bobine M_1, le support A, et va par la borne 4 à la terre. Sous l'action de ce courant, les pôles S et N_1, du système magnétique, sont repoussés, tandis que les pôles N et S_1 sont attirés ; il en résulte donc une rotation du système de gauche à droite, le contact en N avec la vis 5 est rompu, tandis qu'il s'en établit un nouveau entre la vis 2 et la lame de l'aimant $N_1 S_1$. Suivant la position de la fiche placée en bas à gauche de la figure, on utilise l'un ou l'autre des contacts N et N_1.

Le réglage de l'appareil est très facile à effectuer à l'aide des aimants régulateurs ou avec celui des vis 1 et 4. Les limites de son fonctionnement sont très étendues ; ainsi on a pu travailler avec facilité sur une ligne de 50 kilomètres offrant, avec les appareils intercalés, une résistance de 3000 ohms en employant des piles de 60 à 6 éléments Daniell.

Le relais fonctionne de même, dans un circuit local de 1000 à 2000 ohms, en se servant de la force électromotrice produite dans un couple formé par deux tiges de zinc et de cuivre placées sur la langue.

Les faibles dimensions des noyaux de fer doux du relais-boussole annihilent complètement les effets du magnétisme rémanent qui gênent si souvent les translations dans les relais ordinaires.

L'appareil de M. Krœsswang a été employé l'année dernière avec succès entre les stations de Vienne et de Wiener-Neustadt.

A. P.

Coupe-circuit Elwell-Parker

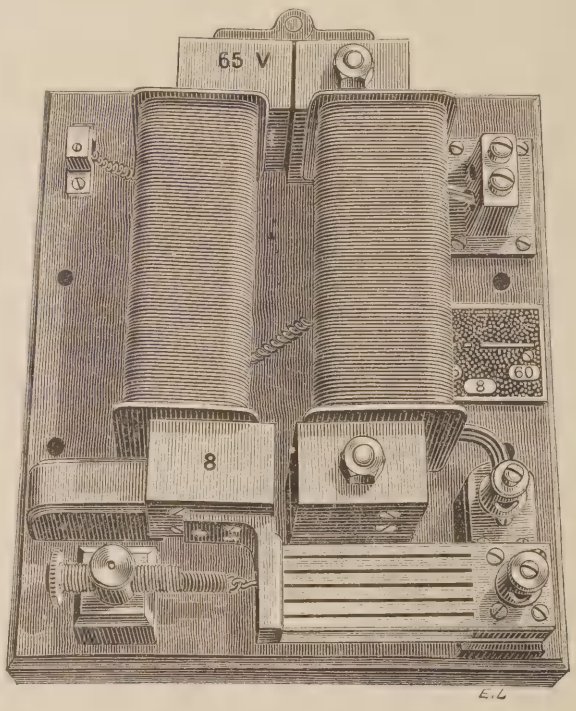
Coupe-circuit Elwell-Parker. — La maison Elwell-Parker vient d'introduire un nouveau modèle de coupe-circuit pour machines dynamos et accumulateurs, dont la disposition à la fois simple et assez originale nous paraît mériter une courte notice.

Il se compose, comme le montre la figure, d'un électro-aimant, formé de deux noyaux articulés, et dont les bobines sont excitées, l'une par le courant principal à établir ou à couper et l'autre par un courant dérivé, les deux bobines agissant dans le même sens bien entendu.

La pièce polaire de l'électro mobile (à gauche) porte un contact en cuivre qui, pour une certaine position, vient s'intercaler entre deux balais appartenant au circuit principal. Un ressort antagoniste maintient les pièces écartées, tant que l'attraction magnétique est inférieure à sa tension.

Le fonctionnement se comprend alors de suite; supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'une dynamo en dérivation, chargeant des accumulateurs si l'on veut.

La bobine de fil fin est alors reliée aux bornes



de la machine ; à mesure que celle-ci s'excite, la partie mobile de l'électro est attirée, et pour une valeur déterminée du potentiel, l'établissement du contact a lieu; le courant principal circule alors dans la seconde bobine et maintient ce contact jusqu'au moment où la différence de potentiel tombant au-dessous de sa valeur normale, le contact est rompu.

Quoiqu'en dise le constructeur, il ne serait pas impossible que, dans certains cas particuliers, l'on ait encore un renversement du courant avec un semblable dispositif.

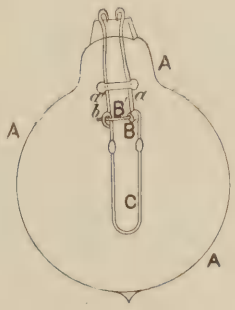
E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES
DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Une nouvelle lampe a incandescence. — MM. R. Kennedy et R. Dick dont vous connaissez la lampe à arc, ont inventé une lampe à incandescence à faible résistance, munie d'un dispositif qui empêche le circuit d'être interrompu en cas d'accident, comme dans la lampe Bernstein.

La nouvelle lampe est représentée sur la figure; A est le globe en verre, C le filament et B B′ un levier coudé dont le bras B′ est maintenu séparé de la boucle *b* de l'autre côté du filament, tant que ce dernier reste entier; mais en cas de rupture du filament le bras B′ vient en contact avec la boucle



b et établit un court-circuit. Une lampe de ce genre peut être reliée en série sans que son extinction entraîne celle de toutes les lampes du circuit.

Le filament est composé d'une fibre végétale nommée *Kitool* ramenée à un diamètre uniforme au moyen de filières. La fibre est ensuite comprimée dans un tube en cuivre qu'on étire; on le coupe à la longueur voulue, on le courbe et on le chauffe dans des creusets jusqu'à ce que la fibre soit carbonisée.

Les tubes servent à comprimer les filaments et à les uniformiser, ce qui dispense de les munir postérieurement d'un dépôt de charbon. Les fibres sont séparées du cuivre par la dissolution de ce dernier, de la même manière que pour la préparation des fils de platine à la Wollaston. Elles sont ensuite lavées, séchées, montées sur des électrodes en platine, essayées et enfin scellées dans les globes d'où l'air a été retiré à la manière ordinaire; s'il reste encore de l'hydrogène dans le charbon, on introduit des vapeurs de chlore pendant qu'on vide le globe pour que les vapeurs se combinent avec l'hydrogène.

Nouveau moyen de dissiper la fumée des canons. — La découverte de M. Lodge de l'effet curieux des décharges d'électricité statique sur les poussières et les vapeurs, a été utilisée par M. J.-G. Lorrain, pour la construction d'un appareil pour la dissipation des fumées provenant de la décharge des bouches à feu de toutes sortes.

Chacun sait qu'il est des cas où il y a intérêt à se débarasser le plus vite possible de cette fumée; nous citerons en particulier le cas des tourelles des cuirassés.

M. Lorrain propose d'employer un générateur électrostatique en communication avec des conducteurs appropriés disposés autour de la bouche du canon. Il préfère comme conducteur un treillage en fil léger muni de pointes qui permettent d'obtenir des décharges silencieuses dans l'air.

Le générateur que propose l'inventeur est celui de Wimshurst qui est moins affecté par l'humidité que la plupart des autres. Il peut être placé n'importe où et actionné par n'importe quelle force motrice disponible.

Mais, malgré les résultats favorables obtenus par l'emploi de l'électricité statique à la condensation de la fumée dans des espaces plus ou moins limités, il reste à savoir quel effet elle aura à l'air libre.

MM. Louis Balbi, à Londres, et F. Folley ont imaginé la nouvelle lampe à arc représentée sur la figure suivante, et dont le mécanisme régulateur se compose d'une longue crémaillière qui engrène avec une roue dentée. La couronne est en laiton, mais elle porte un anneau en fer ou en acier, monté sur le même axe.

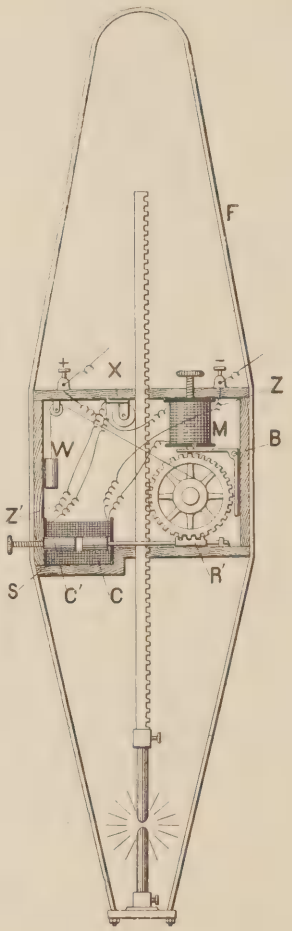
Le charbon supérieur est porté par la crémaillière à laquelle le courant est amené par le galet *x*. Le charbon inférieur est fixe, comme l'indique le dessin.

Le gros fil d'un solénoïde S est relié au circuit principal tandis que le fil fin Z′ Z forme un circuit en dérivation sur l'arc. Dans le solénoïde S se trouve un noyau en fer C fixé à une petite crémaillière R′ engrenant avec la roue P, et qui fonctionne dans un plan à angle droit de celui du mouvement de la grande crémaillière.

Un électro-aimant M est également intercalé dans le circuit principal. La position de cet aimant peut être modifiée au moyen d'une vis de réglage qui permet de le rapprocher plus ou moins de l'anneau en fer de la roue dentée.

Un levier coudé B, dont les bras sont en fer doux, est fixé de sorte que l'un des bras forme l'armature de l'électro M, tandis que l'autre est voisin de la périphérie de l'anneau de fer.

Le solénoïde S contient un autre noyau en fer C′ qui peut être rapproché du noyau C au moyen d'une vis ; un contrepoids W est suspendu à un fil



passant sur une petite poulie et enroulé autour de l'axe de la roue dentée. Le tout est supporté par un cadre en métal F.

La lampe fonctionne de la manière suivante. Le passage du courant dans l'électro-aimant M attire le bras du levier coudé qui forme l'armature et qui fait porter l'autre bras contre la roue sur laquelle il agit comme un frein. Quand le courant devient plus faible, l'action du frein diminue, la roue tourne et permet au charbon supérieur de descendre. L'action du frein est renforcée par le solénoïde S et le noyau C attaché à la crémaillière R′, qui tend également à retenir le charbon supérieur, mais cet effet du circuit en gros fil est cependant équilibré pour une longueur d'arc normale par l'effet contraire du circuit à fil fin ; on empêche ainsi l'arc de devenir trop court.

Le solénoïde S sert en outre à l'établissement de l'arc à l'origine, par l'action de la crémaillière R′. Cette lampe a été essayée avec beaucoup de succès.

J. Munro

Etats-Unis

Le moteur électrique de Baxter. — Un certain nombre de moteurs électriques de M. Baxter construit par la *Baxter Electric Manufacturing C°*, de Baltimore, ont été exposés lors de la dernière réunion de la *National Electric Light Association*, à Philadelphie, où ils ont été fort remarqués.

Le plus petit modèle construit par la Compagnie, et qui doit fonctionner sur des circuits à arc, est destiné principalement à actionner des machines à coudre, des pompes et des ventilateurs, etc., c'est celui représenté figure 1.

Quand le moteur doit pouvoir marcher à vitesse variable, et être fréquemment arrêté, les balais sont mobiles, les connexions avec les inducteurs sont alors maintenues au moyen de ressorts pressant contre deux bandes métalliques, à l'intérieur d'une sorte d'anneau entourant les balais et le collecteur.

L'extrémité supérieure du porte-balais est maintenue contre un arrêt par un ressort et dans cette position les balais sont hors de contact du collecteur.

En même temps les ressorts de contacts qui relient les inducteurs, sont placés de manière à mettre l'armature hors du circuit. Pour mettre le moteur en mouvement, il suffit de faire tourner le levier du porte-balais dans le sens contraire à la tension du ressort.

Le premier mouvement fait appuyer les balais sur le collecteur de sorte que le circuit est fermé avant l'introduction de l'induit dans le circuit. Dans cette position, la vitesse est très faible ; elle augmente jusqu'à ce que le levier soit à 90 degrés de sa position primitive.

En outre, le support en bois du moteur, porte un commutateur qui sert à intercaler

le moteur dans le circuit ou à l'en retirer.

Les collecteurs sont en acier fondu et peuvent durer pendant des années. Le graissage des coussinets est automatique, le moteur peut marcher pendant des semaines sans aucune surveillance. On construit trois modèles de ce moteur, de 1/16, 1/12 et 1/10 de cheval; la seule différence est dans la quantité de fil enroulé sur les inducteurs. Leur rendement varie de 65 à 70 o/o. Ce rendement peut-être considéré comme très élevé pour des moteurs de cette dimension.

La même Compagnie construit également des moteurs de plus grande dimension, soit pour potentiel, soit pour courant constant. La construc-

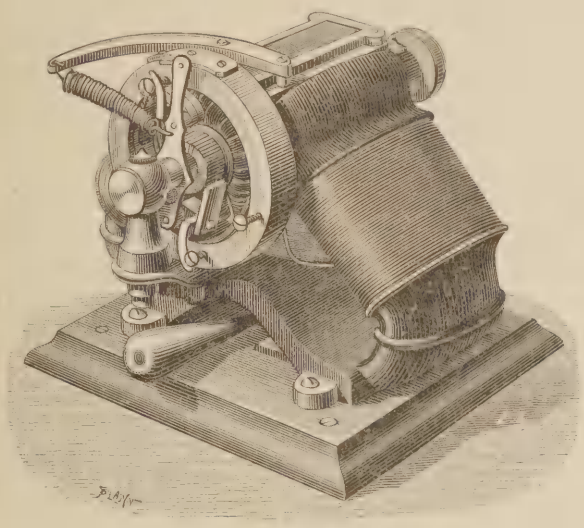


Fig. 1

tion est la même pour les deux sortes de machines, mais la régulation est différente.

La machine à potentiel constant est enroulée de façon à marcher à une vitesse constante ; mais, comme l'application du même principe à un courant constant entraînerait une trop grand perte dans le rendement, on emploie, pour ce dernier modèle, un régulateur automatique représenté sur la figure 2.

Le régulateur proprement dit est monté sur l'extrémité antérieure de l'arbre et placé à l'intérieur de la coquille représentée en face du moteur. Son action est transmise à un dispositif placé sur les pièces polaires, et qui fait varier le nombre des ampères-tours des inducteurs.

De cette manière, le rendement augmente jusqu'à une certaine limite au-dessous de laquelle il commence à diminuer jusqu'à ce qu'il devienne le même que pour le maximum de charge. La pratique a démontré que le rendement le plus élevé a lieu entre la moitié et les deux tiers de la puissance maximum.

Pour cette raison, ce modèle de moteur convient bien pour un système de distribution d'énergie électrique d'une station centrale.

Les résistances d'un moteur de 10 chevaux, pour une intensité de 10 ampères sont : armature 0,75 ohms; inducteurs 3,75 ohms; la résistance totale est donc d'environ 4,5 ohms; la différence de potentiel aux bornes, au repos, est par conséquent, de 45 volts.

Lorsqu'il fournit 10 chevaux, cette différence de potentiel est d'environ 792 volts ; la perte, par

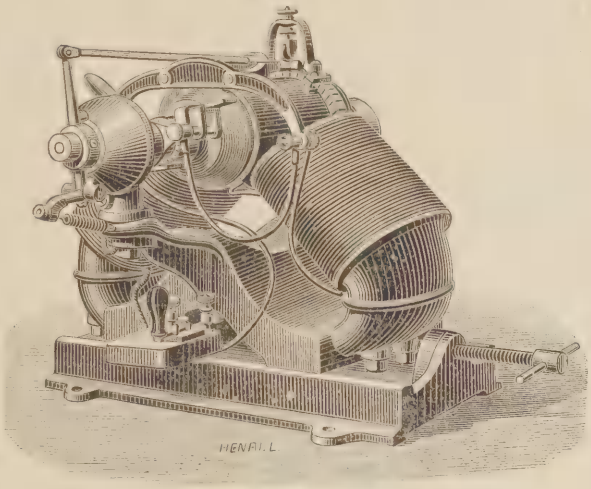


Fig. 2

suite de la résistance, est d'un peu plus de 5 1/2 o/o.

L'armature comprend 320 spires en deux couches.

Le fil sur l'armature pèse environ 5,40 kilogr. et l'âme en fer à peu près 33,75 kilogr. ; le poids du fil sur les inducteurs est de 72 kilogr. et le fer pèse 495 kilogr.

Ces chiffres prouvent que la quantité de fil employée est très faible, mais que la machine est relativement assez lourde. Pour cette raison, la réaction de l'armature sur le champ est pratiquement nulle et, par conséquent, les balais ne demandent aucun calage ; on peut donc varier la charge à volonté sans crainte d'étincelles.

Le moteur de M. Baxter, à potentiel constant, ressemble beaucoup à celui que nous venons de décrire.

La régulation s'opère par l'enroulement ; le régulateur et ses accessoires sont donc supprimés et le commutateur est remplacé par de simples bornes, mais ils sont pourvus d'un interrupteur automatique indépendant, combiné avec un commutateur à main.

La vitesse constante s'obtient par un simple enroulement en dérivation.

Au point de vue électrique, M. Baxter considère la méthode de distribution à courant constant, comme la plus avantageuse, cette supériorité, du reste, ne provenant pas du tout d'une différence dans la construction des moteurs.

Dans un moteur intercalé dans un circuit à potentiel constant, le travail dépensé dans l'excitation du champ est constant, quel que soit le travail.

La perte de travail dans l'induit diminue avec le travail, mais dans une bonne machine, la première quantité est de beaucoup la plus importante, et, le rendement diminuera très rapidement avec le travail produit. Au contraire, les moteurs à courant constant de M. Baxter, ont un meilleur rendement à mi-charge qu'à pleine charge; la différence est cependant assez faible. D'après M. Baxter, on pourrait compter sur environ 90 o/o.

Sur les cables a gaine de plomb. — A côté des travaux lus à l'*American Institute of Electrical Engineers*, et dont nous avons déjà parlé, M. David Brookes a donné des renseignements très intéressants sur la fabrication des câbles à gaine de plomb, et sur leur développement historique.

Le professeur Morse a le premier en Amérique, essayé d'employer des fils de cuivre recouverts de coton trempés dans une solution de cire à cacheter et placés quatre par quatre dans des tuyaux en plomb. Cinq mille de ces câbles furent posés le long du chemin de fer de Baltimore, aux environs de Washington, mais les résultats furent déplorables.

A la même époque Jacoby à Saint-Pétersbourg, construisit des câbles de ce genre en plaçant les fils de cuivre recouverts de coton, dans les tuyaux en plomb, ceux-ci étant ensuite remplis de résine. A ces essais succédèrent un grand nombre d'autres tentatives, tout aussi infructueuses.

La découverte du pétrole en 1856 rendit la parafine très bon marché et d'un usage commercial étendu.

Dès ce moment M. Brookes fit des essais avec la paraffine, mais il fut convaincu après quelques essais infructueux qu'il n'y avait rien à faire dans cette direction, les variations de température auxquelles le tuyau de plomb est soumis dans ces manipulations produisant des changements moléculaires dans celui-ci, qui peuvent faciliter l'accès de l'humidité jusqu'à l'âme du câble; la paraffine, en effet, la résine ou l'asphalte et toutes les substances analogues placées dans les conditions ci-dessus sont un peu friables et se laissent facilement pénétrer par l'humidité.

Cette circonstance amena M. Brookes à faire usage de l'huile comme isolant et de tuyaux en fer au lieu de plomb à cause de leur bon marché relatif. D'un autre côté, en mélangeant les substances isolantes mentionnées ci-dessus avec de l'huile, on obtient une pâte plastique qui remplit très bien, en observant certaines précautions, les conditions que l'on exige d'une substance destinée à servir comme isolant.

Les divers mélanges sur la composition desquels les fabricants gardent le secret, n'offrent rien de bien particulier ; les proportions seulement varient quelque peu. Il est aussi intéressant de rappeler que la parafine par exemple est très défectueuse pour être employée en couche isolante même ; car, solide, elle se fendille et, liquide elle se laisse traverser par l'eau dont le poids spécifique est plus élevé.

Les avantages des fils isolés et recouverts d'une gaîne de plomb, sont trop considérables et trop nombreux pour qu'il soit nécessaire de beaucoup insister là-dessus.

On a alors des isolements supérieurs à 800 megohms par kilomètre, même dans le cas le plus défavorable de câbles pour l'éclairage à arc de section considérable, en sorte qu'il n'y a aucun danger de placer les conducteurs le long des conduites d'eau ou de gaz, dans les maisons et les usines.

Quant à la combustibilité de la couche isolante, elle n'a aucun rôle à jouer ; en effet, si une décharge passe à travers, entre l'âme du câble et la gaîne de plomb, elle ne produira qu'un simple effet mécanique tout au plus, mais ne parviendra jamais à provoquer la combustion, l'air n'ayant pas accès dans l'intérieur du câble.

Un conducteur isolé avec l'un des mélanges ci-dessus, et recouvert de sa gaîne de plomb aura une durée 10 fois plus grande, dans l'air, que le

même fil recouvert de caoutchouc ou de gutta-percha ; en outre, les angles trop vifs doivent être soigneusement évités avec ces derniers, tandis qu'un câble en plomb peut résister à des actions mécaniques beaucoup plus fortes.

Les bonnes qualités des câbles à gaîne de plomb et d'isolant mixte ont été, encore dernièrement, reconnues d'une façon éclatante, par la manière dont s'est comporté un câble de ce genre entouré d'une armature protectrice en fil de fer, et posé dans le lit du Delaware, entre Philadelphie et Cambden; depuis 7 ans que la pose a été effectuée, le câble n'a exigé aucune réparation, tandis que d'autres câbles construits sur d'autres bases, ont été détériorés à plusieurs reprises.

MM. Tatham et Bros ont éliminé d'une façon complète, l'inconvénient reproché souvent aux câbles à gaîne de plomb, dans lesquels l'extrémité du câble, mise à nu, était soumise à l'influence de l'humidité qui, en gagnant peu à peu à l'intérieur, pouvait occasionner des défauts d'isolement.

A cet effet, ils mettent à nu l'extrémité de l'âme du câble, et recouvrent cette partie d'une couche de gutta-percha ou de caoutchouc, qui déborde aussi sur l'extrémité de la gaîne de plomb ; le tout est ensuite protégé d'une manière suffisante, et on maintient, de cette manière, les extrémités du câble en parfait état.

Le chemin de fer électrique de Sprague a Richmond. Les transformations de tramways à chevaux en chemins de fer électriques prennent

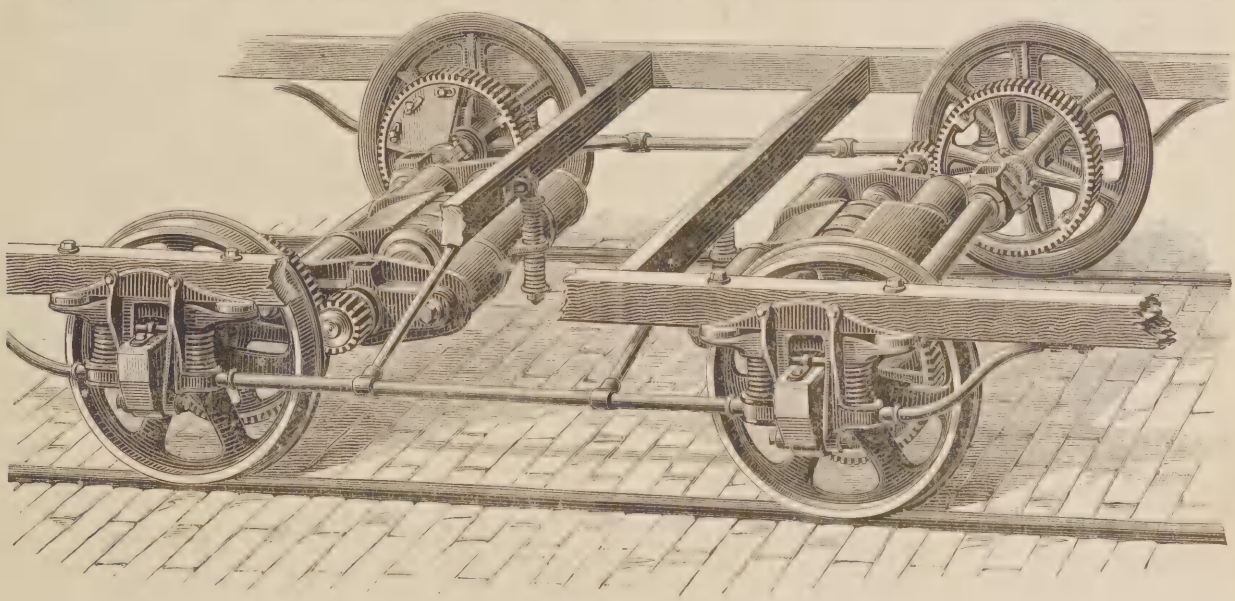


Fig. 8

de jour en jour une importance plus grande. Une des dernières installations de ce genre, est celle qui a été terminée par la *Richmond Union C°* qui a traité avec la *Sprague Electric Railway and motor C°* pour l'équipement de 40 voitures sur une ligne de 18 kilm. Le courant sera amené par un conducteur aérien.

La forme du truc est représentée sur la figure 3.

Les moteurs sont attachés aux axes indépendemment et suspendus par un ressort, de manière à éviter toute secousse.

A chaque extrémité du moteur se trouve un pignon de 7,5 centimètres, qui engrène avec une roue de 30 centimètres. L'une des roues d'engrenage est fixée à l'axe de la voiture, tandis que l'autre est montée de manière à pouvoir être réglée.

Les moteurs pèsent 400 kilogrammes chacun, ils sont de 7,5 chevaux, de sorte qu'on peut au besoin disposer de 15 chevaux. Ils sont montés en dérivation et réglés au moyen d'un seul commutateur.

A la vitesse de 16 kilomètres à l'heure, les armatures font 650 tours par minute. Les 80 moteurs nécessaires seront bientôt terminés et la construction de la ligne commencera incessamment.

J. Wetzler

BIBLIOGRAPHIE

PRACTICAL ELECTRICITY (Cassel et Cie, éditeurs, Londres), Par W.-E. Ayrton

Au fur et à mesure qu'une science toute nouvelle, comme celle de l'électricité, s'établit et se développe, le besoin de traités destinés aux commençants se fait sentir. Si nous disons de l'électricité que c'est une science toute nouvelle, c'est qu'en effet, il n'y a aucune comparaison entre l'électricité qu'on apprenait il y a peu d'années encore, comme formant un chapitre de la physique générale, et l'électricité dont les récentes applications ont fait une science toute industrielle.

Autrefois, quand l'électricité n'était encore qu'une science pure, ou du moins une science dont les applications étaient fort restreintes, son étude ne s'adressait qu'à des personnes qui étaient préparées, le plus souvent, par des études mathématiques assez élevées. Actuellement, au contraire, cette science tombée entièrement dans le domaine industriel, s'adresse le plus souvent aux élèves électriciens qui n'ont que très peu de notions de sciences, en général ; il faut donc que les manuels qu'on met entre les mains des commençants soient nécessairement très élémentaires pour être consultés avec fruit.

Ceci explique pourquoi le nouveau livre de M. Ayrton, destiné aux élèves de l'Institution Centrale de la ville de Londres (*City and Guilds*) est très élémentaire tout en étant à la fois très complet.

L'auteur explique dans sa préface que son ouvrage, s'adressant aux élèves de première année, ne contient que la mesure des intensités de courant, de résistance, de force électromotrice, de capacité, etc., tandis que les mesures relatives au magnétisme, à l'électromagnétisme, aux dynamos, à l'induction, etc. feront l'objet d'une deuxième publication.

A notre point de vue, on le comprend, cette seconde partie nous paraîtra plus intéressante que la première et nous faisons des vœux sincères pour que l'auteur n'en diffère pas trop la publication.

Occupons-nous, après ces préliminaires, du contenu de ce traité.

L'esprit dans lequel ce livre a été conçu est éminemment pratique et nous sommes convaincu que l'élève, qui a résolu tous les problèmes qui s'y trouvent et effectué toutes les expériences indiquées est parfaitement préparé pour aborder les questions plus complexes qui se présenteront à la suite.

Nous ne pouvons pas rendre compte en détail de chaque chapitre, mais nous ne résisterons pas à l'envie de faire connaître la manière vraiment ingénieuse dont l'auteur sait rendre, pour ainsi dire, matériels certains phénomènes.

Prenons, par exemple, la boussole des tangentes. Pour expliquer dans quels cas la loi des tangentes s'applique, l'auteur prend un index mobile autour d'un axe horizontal et actionné à une courte distance de l'axe par deux poid : l'un constant et vertical et l'autre variable et agissant à l'aide d'une poulie dans une direction horizontale. On matérialise ainsi le mécanisme de l'action d'une boussole des tangentes et les élèves peuvent, à l'aide de quelques expériences simples, s'en rendre un compte exact.

Nous continuerons maintenant à faire quelques remarques, que la lecture de cet ouvrage nous a suggérées.

Disons, tout d'abord, qu'à notre grande surprise, l'auteur, lorsqu'il traite de la lecture des déviations, n'a pas fait mention de l'échelle transparente. D'après notre opinion il n'existe que deux bonnes méthodes de lire les déviations produites par un miroir mobile ; dans les cas ordinaires, l'emploi d'une échelle transparente et lorsqu'une grande précision est nécessaire, celui d'une lunette. La méthode de l'échelle opaque, imaginée par M. Thomson, tout en marquant un progrès considérable au moment où elle fut inventée, n'a actuellement plus de raison d'être et nous sommes étonnés qu'une personne aussi éminemment pratique que M. Ayrton ne parle que de ce moyen.

Qu'il essaie une fois de faire remplacer à un de ses élèves l'échelle de Thomson par une échelle transparente et il verra si l'élève voudra revenir à l'ancien système.

A propos de l'électromètre de M. Edelmann, nous pouvons dire que nous avons vu, tout dernièrement, à l'*Institut Electrotechnique*, de Liège, un de ces électromètres qu'on y avait rendu absolument apériodique en suivant les indications de M. Curie.

Le chapitre traitant les ampèremètres et les voltmètres industriels nous a paru très remarquable. L'auteur a ajouté à la description de chaque appareil, les quelques notes relatives aux avantages et aux défauts de l'instrument.

Pour l'électrodynomètre de Siemens, par exemple, on fait les constations suivantes :

« Outre l'avantage qu'a cet appareil, de ne comporter aucun aimant permanent, il se recommande encore sous différents rapports :

1° Les deux cadres de l'appareil occupent toujours exactement les mêmes positions et il suffit d'une seule expérience, pour pouvoir graduer toute l'échelle avec toute l'exactitude désirable, puisque les lois qui régissent cet appareil sont exactement connues. De plus,

2° Cet appareil peut servirà la mesure des courants alternatifs, puisque le courant est renversé simultanément dans les deux bobines.

Signalons cependant les principaux défauts de cet appareil :

1° Il faut pour mesurer le courant amener l'index au zéro, ce qui demande une manipulation pour chaque courant différent, et qui s'oppose à la possibilité de mesurer les variations rapides du courant.

2° L'appareil n'est pas apériodique, ce qui provient de ce que le moment d'inertie du cadre suspendu est assez considérable.

3° Les indications sont influencées par le voisinage d'aimants et de courants. Il faut tordre soigneusement ensemble les fils qui amènent le courant, pour que la distance moyenne à l'instrument soit la même. Puis comme le cadre suspendu est influencé par le magnétisme terrestre, l'instrument doit être toujours placé de telle façon que la bobine suspendue soit perpendiculaire au plan du méridien, car c'est la position d'équilibre d'une bobine traversée par un courant.

4° L'appareil n'est pas très portatif ni facile à manier. La nécessité de le placer dans la position particulière mentionnée plus haut, puis de placer l'axe dans une position verticale et de remplir aussi les godets de mercure, en font un instrument de maniement assez compliqué.

5° Le manque d'enveloppe laisse l'appareil exposé aux courants d'air, qui peuvent agir sur la bobine mobile et exposent les parties délicates, telles que la spirale, à divers accidents.

6° L'échelle etant divisée en degrés, n'est pas à indication directe.

7° Finalement l'instrument n'indique pas la direction du courant, ce qui peut être nécessaire dans l'électrochimie et pour la charge des accumulateurs.

Ainsi, on peut dire que l'électrodynamètre de Siemens, est un instrument excellent lorsqu'il est employé à poste fixe dans un laboratoire. Mais si, au contraire, on a besoin d'un appareil que l'on puisse déplacer à volonté, et qui ne soit pas influencé par la présence des masses de fer, tels que dynamos etc, qu'on rencontre dans les usines, on peut certes trouver mieux. »

Nous donnerons un exemple de la manière dont l'auteur traite des instruments de mesure, en traduisant ici le paragraphe relatif au voltmètre de Cardew. Comme cet instrument n'a pas encore été décrit en détail dans ce journal, nous saisirons cette occasion pour en donner la description en y joignant la figure qui se trouve dans le texte.

« *Voltmètre de Cardew.* — Ce voltmètre diffère des appareils que nous venons de décrire, en ce sens que c'est justement l'effet de l'échauffement du fil sous l'influence du courant qui sert à mesurer le courant produit.

L'élévation de température du conducteur se déduit de l'allongement produit.

Dans le dernier modèle de cet appareil, dont la figure ci-contre montre les détails, le fil, d'une longueur d'environ 4 mètres, est formé d'un alliage de platine et d'argent ; l'épaisseur du fil est d'environ 1/16 de millimètre.

Ce fil, attaché à la vis A, passe de là sur la petite poulie P, fixée à la partie supérieure de l'ap-

pareil, puis sur la poulie plus petite, *p*, fixée sur la boîte. Enfin après son passage sur une dernière poulie P_2, il vient se terminer à la vis B. Toutes ces poulies sont faites en os, pour maintenir l'isolement.

Les vis A et B sont en relation avec les bornes T_1 et T_2 qui servent à la prise des potentiels.

Le courant qui, dans ces conditions, circule dans le fil, l'échauffe rapidement, ce qui amène son extension. Comme le fil est très fin, il acquiert très rapidement la température finale correspondant à chaque courant.

Voici maintenant le mécanisme qui sert à enregistrer l'allongement du fil.

La chape de la petite poulie p_1, est reliée par un fil passant sur la roue W, au ressort S_1, donc si le fil s'allonge, la roue tourne. Ce mouvement amplifié par un engrenage L, fait mouvoir l'index sur le cadran gradué en volts.

On voit que ce n'est que la moitié de la longueur du fil qui agit par allongement, mais cependant on a trouvé avantageux de doubler la longueur du fil parce que, les fils fins s'échauffant et se refroidissant beaucoup plus vite, les indications sont ainsi plus rapides.

Pour des forces électromotrices comprises entre 30 et 120 volts, l'instrument donne de bonnes indications, mais pour des forces électromotrices plus élevées on se sert d'un fil auxiliaire, identique au premier, et on prend les contacts en T_1 et T_3.

Il faut, dans ce cas, multiplier par deux les indications du cadran divisé.

Les fils sont enfermés dans des tubes noircis à la surface et des rondelles métalliques E D, G F, fixent les fils dans les tubes, de manière à empêcher tout mouvement.

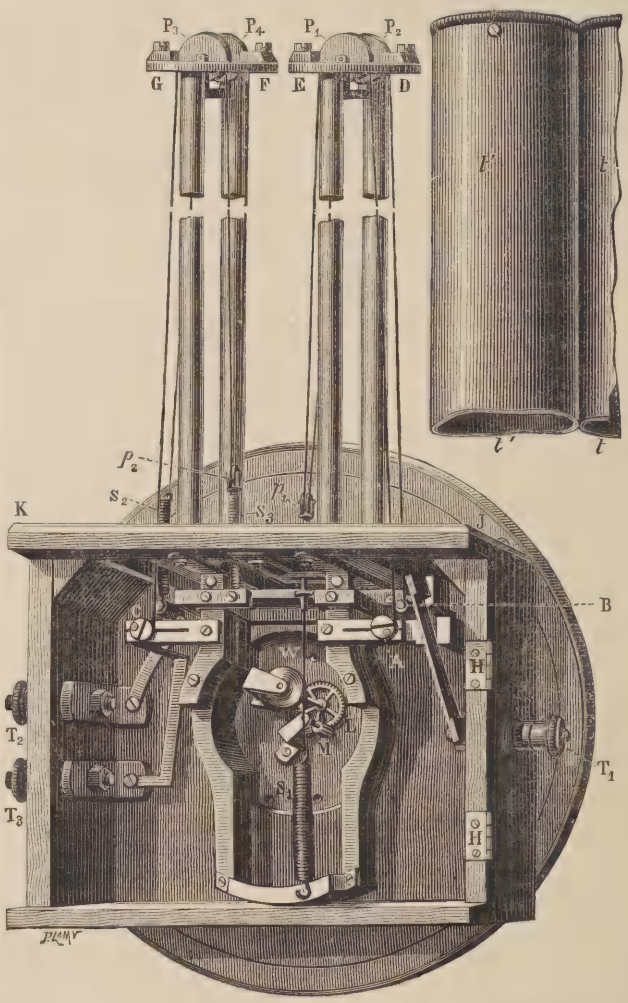
Les tiges qui supportent les poulies pourraient être faites, partie en fer et partie en cuivre, de manière à obtenir un même coefficient d'allongement que celui de l'alliage des fils; cet arrangement aurait l'avantage d'empêcher l'index de se mouvoir lorsque la température ambiante varie.

Cet appareil présente deux avantages principaux :

1° Il n'y a pas d'erreur provenant de l'échauffement, puisque c'est justement cet échauffement qui sert à enregistrer le phénomène ;

2° L'appareil peut servir tout aussi bien pour la mesure des courants alternatifs.

Ceci n'a pas lieu avec des appareils renfermant des aimants ou des électro-aimants ; en effet, nous avons vu que si l'on lance un courant dans un électro-aimant, ce courant demande un certain



temps pour atteindre son maximum. Avec un courant alternatif, qui passe continuellement d'un sens à l'autre, l'effet de la self-induction de la bobine est d'augmenter sa résistance d'une quantité qui dépend de la rapidité des alternances.

Ainsi, en dehors de ce fait que les renversements rapides produits par les courants alternatifs, s'opposent à l'emploi d'un galvanomètre ordinaire dans la mesure des courants alternatifs, on voit facilement qu'un électrodynamomètre à grande résistance, qu'on pourrait employer pour

la mesure des intensités de ces courants, ne peut pas servir à la mesure de la force électromotrice d'un courant alternatif, à cause de la self-induction.

L'effet de cette self-induction serait, en effet, d'augmenter la résistance et nous savons que toute variation dans la résistance d'un voltmètre altère la sensibilité. Comme la self-induction d'un fil droit replié sur lui-même est très faible, l'erreur provenant de cette cause est négligeable dans ce voltmètre.

Cet appareil est en outre apériodique ; les indications directes ne sont influencées par aucun aimant. Quoique de grande dimension, il est facilement portatif.

Il présente cependant quelques inconvénients, entr'autres :

1° D'absorber une quantité notable de l'énergie.

2° De ne pouvoir servir pour la mesure des faibles différences des potentiels. Il est impossible, en effet, d'employer un fil plus gros, car un fil de fort diamètre, traversé par un courant, s'échauffe, et se refroidit lentement.

3° Le zéro de l'appareil n'est pas assez fixe, et il y a quelquefois des erreurs dans la partie supérieure de l'échelle. »

Ajoutons, enfin, qu'on trouve, dans le texte de l'ouvrage, 123 exemples ou problèmes numériques résolus, ce qui est d'un grand secours pour se familiariser avec l'ordre de grandeur des diverses quantités qu'on rencontre en électricité.

Comme nous le disions au commencement, ce livre est très élementaire et la plupart des formules y sont données sans la démonstration à l'appui, ce qui ne satisfait pas l'esprit de tout le monde. Nous croyonc qu'il est préférable, pour des personnes qui s'adonnent à l'étude de l'électricité, d'apprendre d'abord assez de mathématique pour pouvoir déchiffrer les calculs habituels qu'on rencontre et nous sommes persuadés qu'on peut facilement obtenir ces connaissances sans dépenser trop de temps.

Nous sommes d'ailleur convaincus que cet ouvrage, tel qu'il a été conçu, rendra les plus grands services aux jeunes gens qui désirent se destiner à la carrière d'électricien.

P.-H. Ledeboer

Dumagnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques, par Roger Chavannes, Ingénieur, (Lausanne, F. Rouge, libraire-éditeur; Paris, Gauthiers-Villars, 1887).

Ce qu'il y a certainement de moins heureux dans le livre de M. Roger Chavannes, c'est le titre.

Le titre promet beaucoup plus que ne tient le livre, et lorsque je parle ainsi, il n'est pas du tout dans ma pensée de critiquer l'étude de M. Roger Chavannes, assurément intéressante ; je constate tout simplement un manque de proportions entre la tête et le corps de l'ouvrage.

Ce n'est pas, comme on pourrait volontiers se l'imaginer, d'un fort volume plein de conceptions nouvelles sur la théorie des machines dynamos qu'il s'agit, mais bien d'une petite brochure d'une quarantaine de pages à peine.

L'auteur commence par rappeler la formule empirique établie par M. Froelich pour exprimer l'intensité magnétique d'un électro-aimant et il montre ensuite comment cette formule peut servir dans les calculs et dimensions des enroulements à donner aux différents types de machines.

Il aurait peut-être été plus juste de mettre sur la première page de la brochure : De l'application de la formule de Froelich à la construction des machines dynamos, cela n'eût rien ôté au mérite de l'étude que nons avons sous les yeux et eût été, je crois, plus en rapport avsc l'esprit de l'ouvrage.

Tel qu'il est, le livre de M. Roger Chavannes est incontestablement utile et les constructeurs ne manqueront pas d'y trouver d'excellents renseignements exposés sous une forme claire et méthodique.

Nous souhaitons vivement qu'il soit lu, surtout en France, où beaucoup de gens ignorent encore tout ce qu'on peut tirer de la formule de M. Froelich.

B. Marinovitch

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

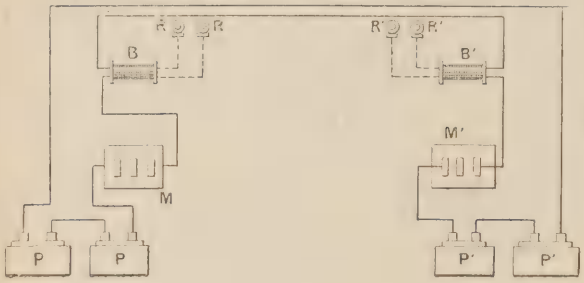
délivrés depuis le 1er janvier 1887

180345. — BUCHET (18 décembre 1886). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES TRANSMISSIONS TÉLÉPHONIQUES

Nous n'avons pas à vous apprendre la théorie sur laquelle est fondé le système téléphonique universellement adopté aujourd'hui. Quel que soit le nom du microphone employé, le principe est toujours le même et repose, vous le savez, sur la production des courants induits dans la ligne par les variations du courant primaire.

Eh bien, dans le système de M. Buchet, c'est encore la même chose, si ce n'est que c'est tout le contraire. Le courant primaire ou inducteur y est substitué au courant secondaire.

En se rapportant à la figure, on voit en effet que les



connexions sont différentes de celles auxquelles nous sommes habitués. Les piles P et P' des microphones MM' les circuits primaires des bobines BB' des deux postes et les lignes sont mis en tension, de telle sorte que la ligne n'est jamais parcourue par les courants induits.

Le circuit étant fermé, lorsqu'on parle en M les vibrations des charbons provoquent des ondulations dans le courant général, ces ondulations font naître des courants induits dans le fil secondaire de la bobine B' et par suite reproduisent la voix dans les récepteurs R'.

N'ayant pas fait d'essais analogues à celui-ci, nous ne voudrions pas nous prononcer très catégoriquement. Cependant, la théorie de M. Buchet ne nous paraît pas aussi limpide que cela.

D'abord, le courant des piles étant celui qui est envoyé sur la ligne, doit nécessiter un nombre d'éléments assez considérable, surtout si les deux postes sont très éloignés.

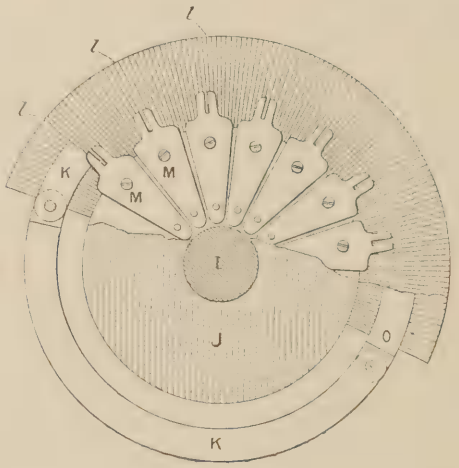
En second lieu, les ondulations du courant produites par les vibrations de la voix, dans ces conditions ne peuvent jamais donner naissance qu'à des courants secondaires assez faibles.

Il est vrai que le circuit de ces derniers est de longueur très réduite; en tous cas, si la parole transmise est suffisamment nette, il n'en subsiste pas moins que l'induction se produit en même temps dans les deux bobines B et B' de telle sorte que les récepteurs R et R' parlent à la fois : c'est un inconvénient.

180394. — MM. CURTIS, CROCKER et WHEELER. — PERFECTIONNEMENTS DANS LES MOTEURS OU MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Le but de ces messieurs a été de simplifier la construction des machines et de diminuer aussi le poids des matières employées.

Leurs revendications, au nombre de 39 seulement, portent sur divers points; mais la partie essentielle du



brevet est la construction même de l'armature induite, dont la figure est une coupe transversale.

Le fer de l'anneau est constitué par des rondelles de fer K séparées les unes des autres par des feuilles de papier, ou pour mieux dire, de demi-rondelles dont les extrémités s'emboîtent et se rivent.

L'enroulement fait avec du fil de cuivre plat, est continu et, de distance en distance, un fil fait saillie pour la liaison avec les lames du collecteur.

Celui-ci très simplifié est formé de plaques triangulaires M placées dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation I, et fixées par des vis sur un tambour de bois J. Dans les prolongements de ces plaques, les fils saillants viennent s'insérer, et sont fixés définitivement par une goutte de soudure.

Enfin, les balais, naturellement plats, viennent frotter sur les lames M.

Cette construction permet facilement, comme on le voit, de diviser l'anneau en autant de parties qu'on le veut.

L'enroulement peut se faire aussi avec un fil à section circulaire, et au moyen de solénoïdes préparés d'avance. Dans ce but, les inventeurs brevètent un manchon rotatif, auquel est adjoint un levier qui plie le fil et l'oblige à prendre la forme du moule. On trouvera du reste des détails complémentaires dans notre correspondance d'Amérique du 21 mai.

180377. — CAZÉSUS et VILLOT (29 décembre 1886). APPAREIL ÉLECTRIQUE INDICATEUR D'APPEL

A part le mode de construction, l'appareil de M. Cazésus ressemble étrangement au tableau indicateur employé dans tous les appartements pourvus de sonneries électriques.

Il est en effet fondé sur le mouvement d'un barreau d'acier aimanté suspendu entre les pôles magnétiques d'un électro-aimant, mouvement provoqué dans un sens ou l'autre par le passage d'un courant dans cet électro.

A l'extérieur de la boîte renfermant l'indicateur, le jeu d'une aiguille ou l'apparition d'un voyant révèlent le mouvement du barreau d'acier et le sens du courant envoyé.

Ajoutez enfin un rappel mécanique de l'aiguille ou du voyant et ce sera tout.

180401. — ABRAHAM MARINI (18 décembre 1886). — AMPOULE DE LAMPE ÉLECTRIQUE A INCANDESCENCE

M. Marini est avant tout un artiste, et son invention ne rentre dans le cadre de celles que nous analysons que par ce qu'elle s'applique aux ampoules des lampes à incandescence.

Ces ampoules sont, on le sait, en verre ordinaire blanc ou opaque, lorsqu'on veut obtenir une lumière adoucie. Dans les deux cas, la lumière n'est ni colorée, ni brisée, le filament de charbon étant apparent, et c'est justement ce qui taquine l'œil artiste de M. Marini.

Les lampes ordinaires, selon lui, sont assommantes à regarder, leur lumière crue est désagréable, et il y aurait tout avantage à confectionner les ampoules avec un cristal blanc pailleté d'or, d'argent, de mica, de cuivre ou de toutes autres parcelles brillantes ; on pourrait aussi appliquer de légers émaux à la loupe destinée à devenir ampoule, et l'on obtiendrait ainsi des stries agréables qui coloreraient la lumière, et la feraient scintiller agréablement.

Voilà donc les perfectionnements brevetés par l'inventeur.

Une addition, de 13 jours postérieure (31 décembre 1886), ajoute à ce que nous venons de dire, la substitution à la forme ordinaire, de formes inspirées des modèles anciens, et copiées sur les objets d'arts du Moyen-Age et de la Renaissance.

Si ces modèles sont bien choisis, pour notre part, nous ne demandons pas mieux.

180422. — 22 décembre 1886 — TRUCHELUT. — PERFECTIONNEMENT DANS LES LAMPES ÉLECTRIQUES A INCANDESCENCE.

M. Truchelut, ayant cherché à augmenter la solidité et le pouvoir éclairant des lampes à incandescence, pense avoir trouvé les deux solutions de son problème.

La première consiste à enrouler en spirale le filament de charbon autour d'un tube de porcelaine, et relié à une spirale de fil fin de cuivre, placé à l'intérieur du tube. Dans son esprit, cette spirale a pour effet de servir de ressort, et de permettre au charbon de se dilater sans se casser.

La deuxième solution, celle qui est relative à l'augmentation de puissance, consiste à allier au filament de charbon une légère couche d'oxyde alcalino-terreux, de manière à ce que la chaux ou la magnésie, ou la borite portée au blanc, augmente sensiblement l'éclat et la coloration de la lumière, comme cela a lieu dans la Lampe-Soleil.

180439. — 22 décembre 1886. — WOLKER. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX PILES GALVANIQUES.

Les perfectionnements en question, ont pour but la production d'un courant économique, et de fournir une indication quand la pile est épuisée, le liquide excitateur de cette dernière étant, jusqu'à un certain point, reconstitué par la décomposition de l'agent de dépolarisation.

En effet, dans la pile Wolker, l'élément négatif est constitué par un vase poreux contenant une plaque de charbon et un mélange de soufre et de charbon concassé.

Le dit vase, fermé par une couche de goudron, est placé dans une cuve contenant une couche de sel ammoniacal, ou de chlorure de sodium, ou d'acide chlorhydrique, et le pôle positif est formé par une plaque de zinc. Alors, voici ce qui se passe :

D'abord le soufre qui agit comme dépolarisant, s'empare de l'hydrogène pour former de l'acide sulfhydrique pendant que le zinc avec le chlore forment du chlorure de zinc.

Ces deux corps en présence se décomposent suivant la réaction

$$ZnCl + HS = ZnS + HCl$$

et c'est cet acide chlorhydrique qui, avec l'ammoniaque, reformera le sel ammoniacal de la dissolution. Tout se passera ainsi jusqu'au moment où le chlorure de zinc, ayant rempli le vase, empêchera la rencontre du chlorure de zinc avec l'acide sulfhydrique, qui, se dégageant alors,

préviendra, en agissant sur les muqueuses du nez, que la pile a besoin d'être renouvelée.

Évidemment, c'est très bien : mais pareille pile serait pourtant dangereuse entre les mains des gens trop enrhumés, ou atteints de paralysie des nerfs olfactifs.

180456. — 23 décembre 1886. — WARNER ET BAILEY. — PILE PRIMAIRE PERFECTIONNÉE

Si la pile précédente ne nous convient pas, malgré ce que nous vous en avons dit, eh bien, en voici une autre, dont la singularité réside dans l'emploi d'un récipient poreux chargé d'avance des matières destinées à la production du courant.

Ces vases poreux sont préparés de la manière suivante :

On réduit de la mine de plomb en poudre très fine, en la mélangeant avec de l'acide azotique, (230 grammes de $Az\,O^5$ pour 450 grammes de charbon), et la pâte ainsi formée est placée dans un vase poreux plus ou moins résistant, suivant l'usage auquel la pile est destinée. Dans cette pâte, on insère une tige de charbon, constituant le pôle négatif, terminée par une tige en aluminium, et, finalement, on bouche solidement le tout par un couvercle de bois parafiné : c'est tout.

180479. — 24 décembre 1886. — BONVILLAIN. — APPAREIL ÉLECTRIQUE DESTINÉ A METTRE EN MARCHE, AUTOMATIQUEMENT LA PANKA.

Cette invitation n'est pas faite pour nous ; elle s'adresse seulement aux habitants des pays chauds, qui peuvent d'ailleurs le comprendre, s'ils nous font l'honneur de nous lire, sans une tension d'esprit considérable.

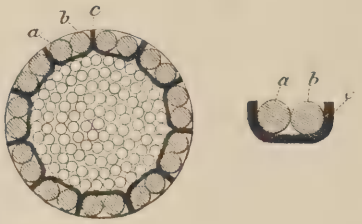
Pour réaliser, en effet, le système de M. Bonvillain, il suffira de faire guider la panka, suspendue au plafond, par une tige horizontale passant dans des coulisses. A l'une des extrémités de cette tige, on disposera un renflement de fer doux pouvant passer librement dans l'intérieur d'un solénoïde fixe, et cela étant, il n'y aura plus qu'à fermer le courant d'une pile sur le circuit de ce solénoïde. Ce qui se passe alors est encore plus simple ; toute la tige attirée d'un côté, amenant avec elle la panka, coupera le courant à bout de course, reviendra en sens inverse, entraînée cette fois par la panka, et, fermant alors le circuit par des contacts disposés *ad hoc*, reviendra sur les fils, etc , etc.

Vous serez éventés, si vous êtes étendus sous l'appareil, sans avoir le moindre effort à faire. Avouez que c'est très ingénieux !

180490. 27 décembre 1886. — SCOTT. — PERFECTIONNEMENT DANS LA CONSTRUCTION DES CABLES MÉTALLIQUES.

L'objet de cette invention est d'empêcher que, dans les câbles métalliques, un ou plusieurs fils rompus se détachent de un ou plusieurs fils voisins, et de faire en sorte que le câble présente toujours une surface d'usure uniforme.

La figure ci-jointe, qui est une coupe transversale du



câble, système Scott, et un détail à plus grande échelle, dispense de longs commentaires.

Comme vous le voyez, les fils *a* et *b* qui forment la surface extérieure du câble, sont deux à deux, serrés au moyen d'un lien d'acier *c*.

Par ce moyen, le serrage obtenu est excellent, et si l'un des brins *a* ou *b* vient à se rompre, il ne peut, en tous cas, se détacher.

180437. — 22 décembre 1886. — MAICHE. — PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'ALUMINIUM OU DE MAGNÉSIUM PAR L'ÉLECTROLYSE.

Pour cela, on prépare une dissolution aqueuse d'un sel quelconque d'un des métaux précités, et on soumet cette dissolution à l'action d'un courant électrolytique.

Le sel employé peut être un sulfate, un chlorure simple ou double, un cyanure, ou tout autre sel.

Dans la décomposition, l'aluminium va au pôle négatif, et le point caractéristique de l'invention consiste à former ce pôle, par une masse de mercure avec laquelle l'aluminium vient s'amalgamer, ou mieux encore, par une pièce d'aluminium amalgamé.

Pour la préparation de cette pièce, on décompose par un courant, une solution de cyanure de mercure et de potassium, les deux électrodes étant : au pôle positif, une lame de platine, et au pôle négatif, la pièce d'aluminium en question.

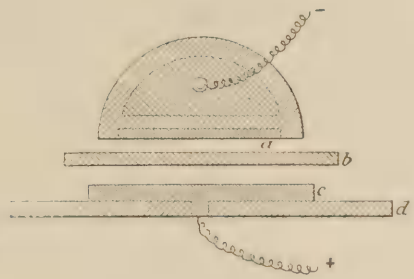
Enfin, lorsqu'on juge que la décomposition du sel d'aluminium est complète, on arrête l'opération et il ne reste plus qu'à laver l'amalgame d'aluminium dans de l'acide azotique ou tout autre dissolvant du mercure, n'attaquant pas l'aluminium.

UNIVERSITY OF LIB.

180506. — 25 décembre 1886. Dr BOUDET DE PARIS.

— UN PROCÉDÉ D'IMPRESSION PAR L'ÉLECTRICITÉ.

Ce procédé peut s'appliquer à la reproduction de l'effigie d'une médaille, ou d'un dessin, sur une lame de métal



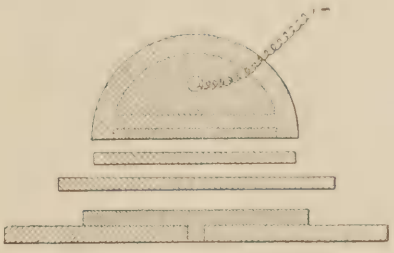
ou de toute autre matière rendue conductrice de l'électricité.

On peut aussi, de la même manière, reproduire sur du verre, sur du papier, sur du bois, une médaille en relief ou toute espèce de gravure sur métal.

Dans la figure, la médaille enduite de plombagine est en *a*, reliée au pôle d'une machine statique ; *b* est la lame de verre sur laquelle doit se faire la reproduction, et sous celle-ci, on place une lame de métal *c* reposant sur une plaque *d* d'ébonite, et mise enfin en communication avec le deuxième pôle de la machine.

On forme ainsi un condensateur dont l'objet à reproduire est une des armatures, et quelques tours de manivelle à la machine suffisent pour faire la reproduction.

Quand on veut opérer avec un morceau de papier ou



d'étoffe, on dispose les choses comme cela est indiqué dans la figure 2,

On forme, en somme, le même condensateur que précédemment, à ceci près que, sur la lame de verre *b*, on ajoute la feuille de papier *l*.

Inutile d'ajouter que l'opération réussit de la même manière, si, au lieu d'une machine, on se sert d'une bobine d'induction.

P. CLEMENCEAU

A suivre.

FAITS DIVERS

La traction électrique a été suspendue pendant quelques jours sur les lignes des tramways à Bruxelles, par suite d'un accident arrivé à la station de charge.

Le génie militaire en Italie vient d'expérimenter à Florence, un nouvel appareil photo-électrique destiné à projeter la lumière à une grande distance.

Les expériences semblent avoir donné des résultats très satisfaisants.

Des expériences intéressantes ont eu lieu le 8 de ce mois à Chatam, à bord du navire le *Hero*, de la marine anglaise, afin de permettre aux officiers de comparer les rayons lumineux projetés par deux foyers dont l'un était pourvu d'un régulateur Mangin, et l'autre d'un nouveau miroir de M R. D. Scott.

Les officiers présents ont, paraît-il, été unanimes à se prononcer en faveur de ce dernier appareil, dont le rayon était plus intense et plus blanc.

De nombreuses déterminations d'éléments magnétiques viennent d'être faits par M. Moureaux dans 51 stations du bassin de la Méditerranée, en Corse, en Italie, à Malte, Tripoli, en Algérie, au Maroc et en Espagne; pour la plupart de ces points, on n'avait encore aucune donnée directe sur les éléments du magnétisme terrestre.

Deux délégués du Conseil municipal de Florence sont arrivés à Milan pour examiner l'usine centrale d'électricité de cette ville, et étudier la création d'une installation semblable à Florence.

On annonce de Bilbao que les dynamos et les accumulateurs pour le tramway électrique de Santurce viennent d'être installés

Un incendie a détruit en grande partie le bureau télégraphique de la *Western Union C°* à Pittsbourg. Le principal commutateur a été brûlé avec plusieurs centaines de fils et toute communication a été interrompue. Le bureau central télégraphique installé au troisième étage du même bâtiment, a également pris feu.

Les pertes s'élèvent, pour la *Western Union C°* à 250.000, francs et pour la compagnie des téléphones, à 100.000 francs.

La fabrication de charbons pour foyers à arc a pris aux États-Unis une importance énorme ; les charbons ordinaires coûtent environ 125 francs par mille, et la fabrication est presque entièrement entre les mains de deux ou trois maisons, car la compagnie Brush seule fabrique ses propres charbons.

Des essais sans nombre ont été faits en vue de trouver une matière plus avantageuse que le charbon pour les électrodes des foyers électriques, et M. Clingman de la Caroline du Nord a dernièrement fait des expériences avec des crayons de zirconium qui semblent promettre de bons résultats.

Réduit en une poudre fine et blanche, ce métal peut être moulé dans n'importe quel moule. Les crayons fabriqués entièrement de zirconium ou d'un mélange de charbon et de zirconium ont, parait-il, une durabilité remarquable et peuvent durer pendant plusieurs mois dans les lampes à arc.

Un brevet a été pris par M. Clingman, pour la fabrication de ces crayons et des expériences se poursuivent actuellement pour les fournir au commerce.

Les expériences récentes de l'Institut technologique de Massachusetts sur le transmetteur de Blake, semblent prouver qu'on obtient de meilleurs résultats avec des piles secondaires qu'avec des éléments primaires. On ignore la cause de cette supériorité qui peut être attribuée à la faible résistance intérieure des piles secondaires, à l'absence de toute polarisation momentanée et de variations de résistance et de force électromotrice ; mais il est certain que les éléments secondaires sont préférables pour la téléphonie à grande distance.

Le nouveau tarif douanier, en vigueur depuis le 1er juin, en Australie, fixe le droit d'importation sur les machines dynamos à 625 francs par tonne, si les machines sont importées toutes montées; mais comme ce tarif rendrait toute importation impossible, il est permis de démonter les machines, et dans ce cas chaque partie paye un droit différent, selon la matière dont elle est composée.

Éclairage électrique

Aujourd'hui que les stations centrales ont pris droit de cité dans Paris, chaque industriel ou particulier doit être familier avec les conditions à remplir, soit pour la sécurité des immeubles où se feront des installations d'éclairage, soit pour le bon fonctionnement de celles-ci.

Une des premières et des plus importantes, est le soin mis à la pose des conducteurs à l'intérieur des maisons, et la bonne qualité de ceux-ci, au point de vue de l'isolement.

Les fils doivent pouvoir résister aussi bien à la chaleur qu'à l'humidité, et à ce point de vue, il convient de faire tous les essais d'isolement des fils ou câbles *dans l'eau*, et cela après une immersion d'une certaine durée.

Pour citer quelques chiffres, nous dirons en particulier que les câbles de la *India Rubber*, *Gutta Percha* etc C°, en cuivre étamé, de haute conductibilité, et isolés au caoutchouc vulcanisé à 140° C., ont une résistance d'isolement, mesurée dans l'eau, qui varie de 300 à 600 meghoms par kilomètre, suivant les types.

Nos lecteurs auront sans doute remarqué dans notre résumé des brevets du 8 juin, le procédé de M. Pauthonnier, pour la réparation des lampes à incandescence dont le filament est brisé ; d'après des renseignements sérieux que nous recevons, il paraîtrait que ce procédé, qui n'est, en somme, qu'une modification du système Cruto, aurait déjà été breveté par M. v. Bernd de Wiener-Neustadt (Autriche) fabricant de lampes à incandescence, qui fournit des lampes de divers systèmes, reparées d'après son procédé.

Malheureusement, si séduisant qu'il paraisse, ce renouvellement des lampes cassées ne paraît pas donner de résultats sérieux ; en effet, la résistance des lampes réparées n'est pas absolument ce qu'elle était avant la réparation ; en déposant une couche de carbone pur, les résistances diminuent très fortement, et les lampes ne peuvent plus être employées sur les mêmes circuits sans être détruites très rapidement.

C'est du moins ce qui résulterait d'essais faits à Jvry et à l'usine centrale de Dijon.

La lumière électrique vient d'être installée à l'Abbaye de Bricquebec (Manche) où l'on fabrique les fromages bien connus.

L'installation comprend 275 lampes à incandescence alimentées par une dynamo, placée à 400 mètres de l'Abbaye, dans un moulin, et actionnée par une force hydraulique.

Pendant la journée le courant est employé à la charge d'une batterie d'accumulateurs. Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Lamy.

La lumière électrique a été installée au laboratoire Arago, à Banyuls, où une dynamo Edison fournit le courant pour la charge de 30 accumulateurs, ou bien pour l'alimentation directe de 25 lampes à incandescence de 10 volts.

L'administration communale de Brême se propose d'adopter l'éclairage électrique pour le service public de la ville ou de certains quartiers.

Les intéressé, sont invités à faire connaître avant le 15 juillet prochain, les conditions auxquelles ils se chargeraient de l'entreprise ; ils auront à répondre à un questionnaire qui leur sera envoyé sur leur demande par l'administration.

Voici quelques détails au sujet de l'installation d'éclairage électrique faite par la Société industrielle d'électricité de Bruxelles, dans la commune de Berchem, près d'Anvers, dont nous avons déjà parlé.

La compagnie a adopté le système de distribution au moyen de transformateurs installés aux principaux centres de la commune et alimentés d'une station centrale située à une distance de 2 à 2 1/2 milles. Le potentiel maintenu à la station est d'environ 1000 volts. Tous les transformateurs sont reliés en série, et les foyers sont indépendants les uns des autres.

Le yacht à vapeur le *Dannebrogh*, de la marine danoise, spécialement affecté au service personnel du roi de Danemark, a été pourvu d'une installation de lumière électrique comprenant 145 lampes à incandescence, de 16 bougies, distribuées dans l'intérieur du navire, et deux foyers à arc comme feux de mâture.

La municipalité de Lorca, en Espagne, offre de donner une concession de cinquante ans à l'entreprise qui établirait l'éclairage électrique dans la ville.

La municipalité s'abonnerait pour 260 lampes de 20 bougies, à raison de 18.000 francs par an.

La Westinghouse Electric Light C° de Pittsbourg, en Pensylvanie, a été chargée d'installer la lumière électrique à Denver Colorado.

L'installation comprendra 6500 foyers alimentés par trois dynamos, et un grand nombre de transformateurs.

Le nouveau croiseur de la marine américaine l'*Atlanta*, est pourvu de deux foyers à projection d'une grande puissance, dont l'un est placé à l'avant et l'autre à l'arrière du navire.

La partie mécanique de ces foyers semble à première vue très compliquée, dit le *Scientific American*; mais en réalité il n'y a que les organes nécessaires à un bon fonctionnement des appareils.

La longueur du tube qui contient le foyer est à peu près égale à son diamètre. Ce tube est mobile sur des pivots afin de permettre un réglage vertical; il peut également être déplacé sur son piédestal pour le réglage horizontal. Ces mouvements se font à la main.

A l'intérieur du tube dont le devant est pourvu d'une porte vitrée, et les côtés de portes à glissières, se trouve un foyer à arc dont les charbons ont 18 millimètres de diamètre.

L'arc est placé dans le foyer d'un réflecteur parabolique qui forme l'extrémité du tube derrière l'arc, et les rayons directs sont empêchés de quitter le tube par un écran en face de l'arc.

Les charbons sont portés par un cadre doué d'un mouvement parallèle à l'axe du cylindre, de sorte que l'arc peut être maintenu dans le foyer. Chaque charbon possède son propre appareil de réglage au moyen duquel la pointe peut être déplacée à droite ou à gauche, en avant et en arrière, en haut et en bas.

Au centre du réflecteur se trouve une ouverture couverte d'un verre rouge qui permet d'examiner l'arc, et au centre du côté droit du tube, il y a un prisme. La lumière peut être cachée au moyen d'un écran entre l'arc et le réflecteur. Un commutateur est placé sur le piédestal.

Le sommet, comme le fond du tube, sont percés d'ouvertures couvertes de manière à empêcher le passage de la lumière et, qui servent à la ventilation de l'intérieur, la chaleur développée par le foyer étant suffisante pour créer un courant d'air vers le haut.

L'introduction de la lumière électrique, en remplacement du gaz dans les bâtiments publics à New-York, a donné lieu, pour l'année fiscale courante, à une économie de 300.000 francs.

Des négociations importantes ont été engagées à New-York, en vue de la consolidation de toutes les entreprises d'éclairage électriques de cette ville, par une combinaison analogue à celles adoptées dernièrement à Boston et à Philadelphie.

Le maire de Chicago a proposé au Conseil municipal d'adopter le plan du professeur Barrett, en vue de l'éclairage électrique de la rivière et d'ouvrir les ponts dans la ville, depuis minuit jusqu'à 6 heures du matin. L'installation électrique comprendrait 100 foyers alimentés par quatre dynamos, avec une machine à vapeur de 125 chevaux.

Les frais s'élèveraient à 238.750 francs pour l'installation, et à 50.825 francs par an pour l'exploitation. Le Conseil ne s'est pas encore prononcé sur la question.

La ville de Baltimore est aujourd'hui éclairée avec 487 foyers à arc, qui coûtent en moyenne 2,50 fr. par foyer et par jour.

Télégraphie et Téléphonie

Un avis de la direction des postes et télégraphes fait connaître qu'une communication téléphonique vient d'être établie entre Paris et Rouen.

Elle a été ouverte au public le 25 juin dernier, à 7 heures du matin.

Pour le moment, le service ne se fera qu'entre le palais de la Bourse, à Paris, et le bureau central des télégraphes, à Rouen.

La taxe est fixée à un franc par cinq minutes de conversation. Elle est payée intégralement par la personne qui demande la communication.

Les personnes présentes à la Bourse de Paris pourront être appelées aux cabines téléphoniques de cet établissement.

La taxe minimum de 1 franc restera acquise à l'administration, même dans le cas où le correspondant ne serait pas trouvé en Bourse ou ne répondrait pas à l'appel téléphonique.

Le Ministre du Commerce, en Autriche, a dernièrement reçu une députation qui lui a exposé les difficultés que créait en Autriche l'existence d'un brevet pour le téléphone tant, au point de vue de l'industrie privée qu'au point de vue de l'exploitation par l'Etat : la députation a donc simplement prié le Ministre d'annuler ce brevet.

Cette demande singulière paraît avoir reçu un accueil assez favorable, et le Ministre a promis d'étudier la question, tout en réservant sa décision.

Depuis la reprise du réseau téléphonique de l'Etat, à Madrid, par la nouvelle Société, au commencement du mois de septembre dernier, le nombre des abonnés a presque doublé dans cette ville.

La nouvelle Administration a changé l'ancien système à un seul fil, et tous les circuits sont aujourd'hui entièrement métalliques, de même que les fils nus ont été remplacés par des câbles aériens d'un nouveau modèle.

Un nouveau bureau central a été construit sans aucune interruption du service. Le nombre des abonnés s'élève aujourd'hui à 1090 dont 1068 sont déjà reliés; au moment de la reprise il n'y avait que 600 abonnés.

Le bureau central contient 27 tables de communication, et pourra facilement contenir les lignes de 2.000 abonnés.

Les câbles sont à 12 conducteurs formés chacun d'une corde de 7 fils de cuivre de 34 millim.; une âme de 7 fils d'acier de 0,7 millim. cordés ensemble, traverse le centre du câble, et supporte les efforts de traction qui pourraient fatiguer les fils de cuivre.

Les câbles ne sont pas fixés directement aux isolateurs des supports placés sur les toits. Chaque isolateur porte un fil d'acier de 3 millim. de diamètre, auquel les câbles sont suspendus par des crochets métalliques placés de six en six mètres.

Le réseau compte 70 kilomètres de fil d'acier, et 64 kilomètres de câbles, avec un développement total de 768 kilomètres.

Il y a, en outre, 994 kilomètres de bronze silicieux nu.

Les appareils installés chez les abonnés se composent d'un transmetteur Ader, deux récepteurs du même système, une sonnerie, un paratonnerre et 9 éléments Leclanché à plaques agglomérées.

Le 21 juillet prochain aura lieu simultanément à la direction générale des Postes et Télégraphes à Madrid et au bureau des Télégraphes à Oviedo, l'adjudication publique de l'établissement et de l'exploitation d'un réseau téléphonique dans cette dernière ville.

Les soumissions doivent être accompagnées d'un cautionnement de 2000 francs.

L'exploitation d'un réseau téléphonique à Alicante seront mis en adjudication à Madrid et à Alicante, le 18 juillet.

Le cautionnement est fixé à 2000 francs.

Enfin le 16 juillet, à 2 heures, aura lieu l'adjudication à Madrid et à Valladolid d'un réseau téléphonique à Valladolid.

Des expériences d'auditions téléphoniques ont eu lieu dernièrement à Rome avec un nouvel appareil inventé par le directeur de la Société romaine des téléphones. Les essais ont eu lieu au Théâtre National pendant la représentation des *Puritani* et semblent avoir bien réussi.

Le perfectionnement présenté par l'appareil, auquel l'inventeur a donné le nom de télo-microphone parabolique, consisterait dans l'addition au diaphragme d'une surface parabolique, dont le foyer est au centre du diaphragme. De plus, au lieu d'être placés dans l'orchestre ou sur la rampe, comme ils le sont ordinairement, les transmetteurs sont disposés sur les colonnes des loges; de cette manière, l'audition par les téléphones est beaucoup plus semblable à celle que reçoivent les spectateurs eux-mêmes; seulement pour fonctionner dans ces conditions, il faut que les microphones possèdent une très grande sensibilité.

La *National Telephone C^e* vient d'ouvrir un bureau central téléphonique à Johnstone en Ecosse.

Le réseau téléphonique de San-Francisco est en communication directe avec 102 villes et villages et même avec la ville de Sacramento, à une distance de 163 kilomètres de San-Francisco.

A la fin de l'année 1886, il y avait aux Etats-Unis, un total de 353.518 personnes abonnées aux téléphone, tandis qu'à la même date il n'y en avait que 19.784, en Angleterre.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9 ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 16 JUILLET 1887 N° 29

SOMMAIRE.— La télégraphie sous-marine (*suite*); E. Wunschendorff. — Sur le dépôt électrolytique des alliages, et sur la force électromotrice des métaux dans les cyanures en dissolution ; S. P. Thompson. — Note sur quelques appareils de mesure apériodiques, employés à l'Institut électro-technique de Liège ; E. Gérard. — L'aluminium et son électro-métallurgie ; G. Richard. — Considérations sur quelques théories relatives à l'électricité atmosphérique (*suite*); J. Luvini. — Revue des travaux récents en électricité : Action d'un champ électrostatique sur un courant variable ; M. Vaschy. — Relation entre l'effet Peltier et la différence de potentiel entre deux métaux ; M. P. Duhem. — Nouvelle machine dynamo de la maison Siemens et Halske. — Essais sur les conducteurs en cuivre ; J. Banneux — Modification de l'inducteur à courant sinusoïdal de F. Kohlrausch. — Sur le rendement des accumulateurs ; W. Haeberlé. — Sur un téléphone chantant, par M. Karsten. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Bibliographie : *The Electric Motor and its applications*, par M. C. Martin et J. Wetzler; W. C. Rechniewski. — Brevets d'invention; P. Clemenceau. — Faits divers.

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE (1)

PREMIÈRE PARTIE

Câbles de Toulon à Alger et d'Alger à Port-Vendres

Une première concession accordée par le gouvernement français, en 1859, pour l'établissement d'une ligne sous-marine directe entre la France et l'Algérie étant restée sans effet, faute de fonds, MM. Glass Elliott et Cie s'engagèrent, au mois d'avril 1860, à reprendre l'entreprise qui devait être terminée le 31 août de la même année. Le câble, fabriqué à peu près à la même époque, que celui de Falmouth à Gibraltar, et dans des conditions analogues, se composa :

1° D'un toron de sept fils de cuivre, ayant ensemble un diamètre de 2 millimètres et pesant 50 kilogrammes par mille marin ;

2° De quatre couches de gutta-percha, alternant avec autant de couches de composition Chatterton : la matière isolante pesait 52 kilogrammes par mille, et le diamètre de l'âme était de 9,25 millimètres ;

3° D'un revêtement de filin goudronné ;

4° D'une armature extérieure formée de dix fils d'acier de 2 millimètres de diamètre, entourés chacun séparément de filin goudronné, pour en prévenir la corrosion après l'immersion.

Aux abords des côtes, l'armature extérieure devait comprendre dix-huit fils de fer nus et jointifs, assez gros pour donner au câble un poids de 2300 kilogrammes par mille sur les fonds de 66 à 110 brasses, de 4600 kilogrammes sur les fonds de 44 à 66 brasses et de 9200 kilogrammes sur les fonds inférieurs à 44 brasses.

Le poids du câble de grands fonds était dans l'air de 1148 kilogrammes par mille et de 572 kilogrammes dans l'eau : sa résistance à la rupture était de six tonnes.

Le câble fut soumis, durant sa fabrication, à des essais électriques qui, pour l'âme, eurent lieu sous l'eau à une température uniforme de 24° C. : la résistance du conducteur était les 3/4 environ de celle d'un fil de fer de 4 millimètres de diamètre

(1) Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* du 9 juillet 1887.

et de même longueur ; celle de l'enveloppe isolante, par mille marin, était d'environ dix-huit millions de kilomètres de fil de fer de 4 millimètres de diamètre.

Le câble fut embarqué à bord du *William Cory* qui arriva à Alger le 9 septembre 1860. Les points d'atterrissement choisis étaient la baie de la Salpétrière, près d'Alger, et l'anse des Sablettes, près de Toulon ; la ligne devait, en outre, passer sur les hauts fonds de l'île de Minorque qui se trouve presque dans l'alignement des deux points extrêmes.

L'immersion, commencée à partir de la côte d'Afrique, le 10 septembre, se poursuivit d'abord avec régularité, mais le lendemain se produisit une coque suivie bientôt d'une perte complète du courant électrique à la terre. Bien que l'on fût au-dessus des fonds de 1300 à 1400 brasses, on put retirer de la mer environ trois milles de câble qu'on avait laissé filer depuis l'interruption et atteindre la coque. La partie défectueuse fut supprimée et le bout du câble venant de la mer, épissé sur le câble en bon état lové à bord. Le déroulement recommença et se continua sans incident jusqu'au 14 au soir, lorsqu'on n'était plus qu'à 45 milles du cap Sicié. A ce moment, le temps qui jusque là s'était maintenu au beau, changea brusquement ; les hommes chargés du déroulement du câble dans la cuve ne purent se maintenir en place ; une nouvelle coque put se former et le câble se rompit au mouvement de tangage du navire, par une profondeur de 1300 brasses qui ne laissait aucun espoir de pouvoir le draguer.

Les îles Baléares venant d'être rattachées à l'Espagne par une ligne sous-marine, on songea à en profiter pour constituer, avec la section de câble comprise entre Minorque et Alger, une communication avec l'Algérie. Le câble fut dragué sur un fond de 70 brasses et les deux bouts conduits à terre près de Mahon avec du câble de mer profonde qui dut être remplacé au bout de quelques mois. Les télégrammes purent ainsi être échangés avec l'Algérie par la voie Barcelone-Mahon, en attendant l'achèvement de la ligne directe.

Le *William Cory* revint à Toulon le 14 novembre 1860 avec une nouvelle provision de câble, et repartit des Sablettes pour immerger la section de Toulon à Mahon qui devait être raccordée ensuite à la section Mahon-Alger, au large de l'île de Minorque. Mais, à 90 milles de terre, il fut abordé accidentellement par le *Gomer*, bâtiment de l'État qui avait été chargé de l'escorter : le câble dut être coupé et placé sur une bouée, pour permettre au navire de réparer ses avaries dans le port de Toulon.

Le *William Cory* ne put reprendre ses opérations que le 13 janvier 1861. La bouée ayant été retrouvée sans difficulté, le filin qui la reliait au câble fut relevé ; mais, au passage de la chaîne sur le tambour, celle-ci se rompit et le câble retomba à la mer. Le dragage paraissant impossible sur des fonds de 1200 à 1300 brasses, on abandonna l'opération.

Un autre bâtiment de la Compagnie, le *Brunswick*, arrivé pour immerger un câble entre Toulon et la Corse, fut chargé d'entreprendre le relèvement des deux sections du câble restées sans emploi entre Mahon et Toulon. Il ne put en relever que 8 milles à partir des Sablettes, et 20 à partir de Mahon ; le câble se brisa dans les deux cas sur de grandes profondeurs d'eau.

Une nouvelle convention fut passée avec MM. Glass Elliott et Cie pour compléter la ligne directe à l'établissement de laquelle le gouvernement français attachait une grande importance. On résolut, cette fois, de faire partir le câble de Port-Vendres qui était plus rapproché de Minorque que Toulon et permettait de suivre une route sur laquelle on devait rencontrer des fonds moindres. L'opération commencée par le *Brunswick*, le 31 août 1861, était entièrement terminée le 19 septembre suivant. Une quinzaine de milles avaient dû être relevés, en cours de pose, pour éliminer un défaut qui s'était déclaré ; d'autres pertes encore étaient survenues, mais la seule condition exigée pour la réception du câble étant la transmission, dans les deux sens, d'une dépêche de vingt mots à quinze jours d'intervalle, on avait passé outre. La longueur du câble immergé entre Port-Vendres et Minorque était de 226 milles, et celle du câble immergé l'année précédente, entre Minorque et Alger, de 230 milles. Les transmissions s'échangèrent sur la ligne entière à l'aide de relais Siemens, avec des courants alternés de dix éléments Daniell. La vitesse de transmission moyenne était de huit à dix mots par minute et de treize mots en essais.

Ce câble fut interrompu entre Minorque et Alger à la suite d'une violente tempête, le 25 septembre 1862. Quelques tentatives furent faites

avec des moyens insuffisants pour le relever et durent bientôt être abandonnées.

Câble d'Oran à Carthagène

Malgré les échecs qu'elle avait éprouvés sur les lignes de Corse et d'Algérie, l'Administration française persista dans l'idée de relier par une

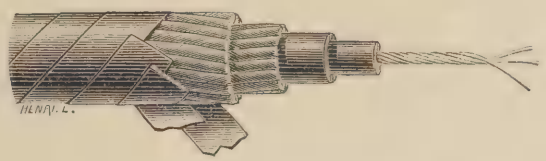


Fig 18

ligne sous-marine sa grande colonie africaine à la métropole. Pour diminuer la dépense, elle renonça toutefois aux avantages d'une communication directe indépendante, et se décida à faire atterrir le câble dans la partie méridionale de l'Espagne. Après des sondages faits dans ces parages, au mois de juillet 1863, Oran, en Algérie, et Carthagène, en Espagne, furent choisis comme points terminus du nouveau câble : la distance qui sépare ces deux villes est d'environ 113 milles marins. Les fonds s'abaissent rapidement des deux côtés jusqu'à 1000 brasses environ et se maintiennent ensuite sans variations brusques; le maximum de la profondeur rencontrée sur le tracé adopté était de 1400 brasses environ. Dans les grandes profondeurs, on trouve une vase molle très favorable à la conservation du câble.

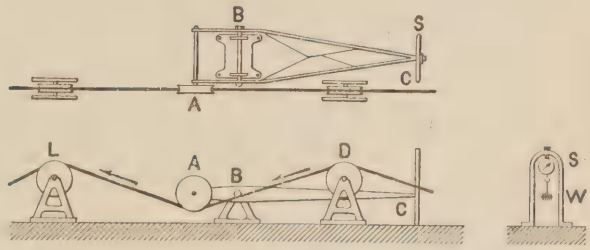


Fig. 21

L'Administration traita avec MM. Siemens et Halske pour la fabrication et la pose, entre ces deux points, d'un câble dont le type tout nouveau avait été exposé à Londres, en 1862, par MM. Siemens frères. L'âme se composait (fig. 18), d'un toron de trois fils de cuivre recouvert de deux couches de gutta-percha, portant le diamètre total de l'âme à 7 millimètres; celle-ci était en

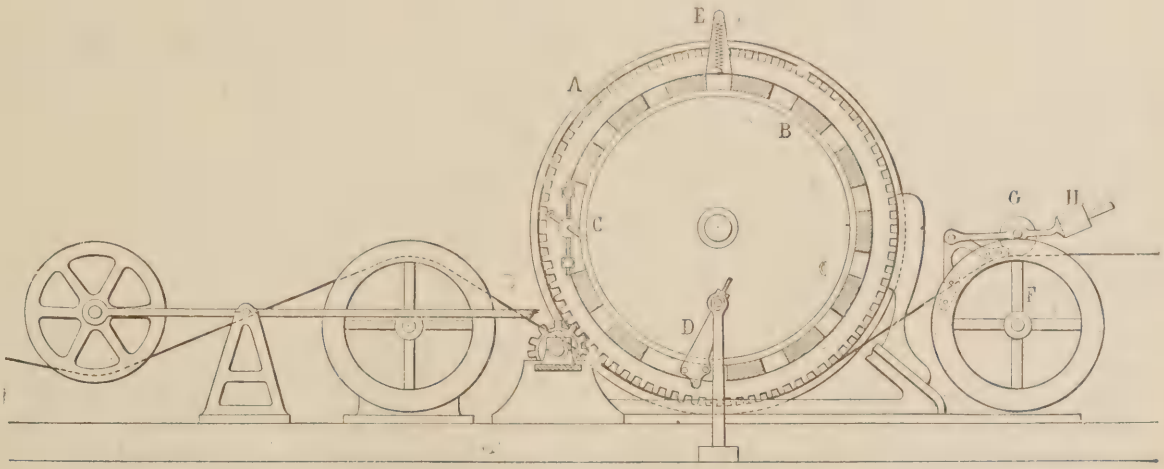


Fig. 20

tourée d'abord de deux couches de fortes cordelettes de chanvre blanc, enroulées en hélices de sens inverse et à très long pas, presque parallèlement à l'axe du câble, et enfin d'une bande de cuivre suffisamment flexible dont les spires se recouvraient à la manière des écailles d'un poisson. On avait pris, pour former cette cuirasse du cuivre phosphoreux qui n'est pas sujet à être attaqué par l'eau de mer. Le diamètre total du câble était de 11 millimètres; dans les faibles profondeurs, l'enveloppe de chanvre était renforcée de manière à porter le diamètre du câble à 13 mil-

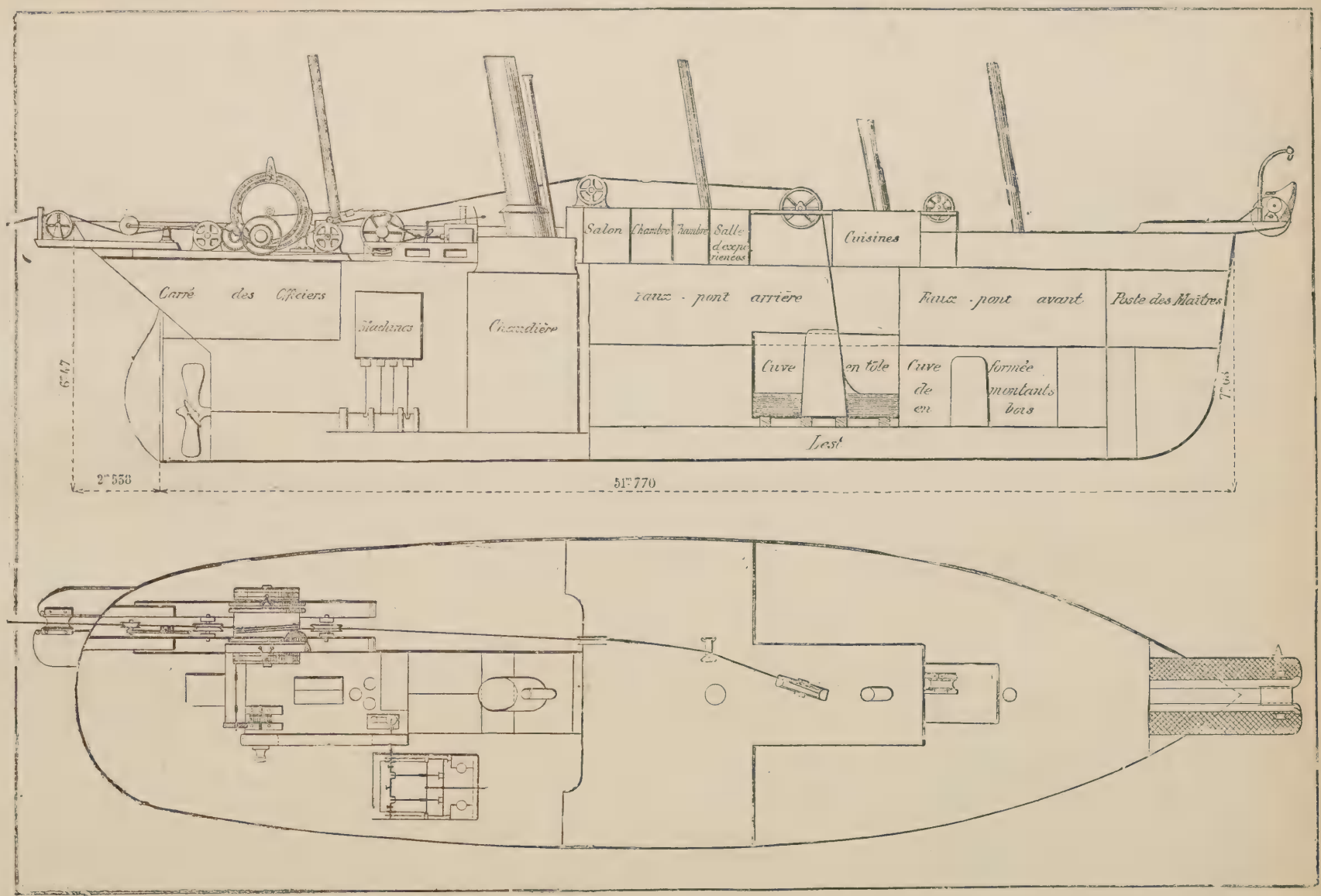


Fig 19. — L' « Ampere

timètres ; aux abords des côtes, le ruban de cuivre était remplacé par une armature ordinaire en fils de fer.

Le câble fut embarqué sur le *Dix-Décembre* (1) (fig. 19), petit navire à vapeur que l'Administration française avait acheté l'année précédente et fait aménager en Angleterre pour les travaux de télégraphie sous-marine. La machinerie de pont de ce navire (fig. 20) se compose d'un grand tambour A monté sur un axe qui porte deux roues à freins B : chacune de ces roues est enveloppée par une série de sabots en bois reliés entre eux par une bande de fer que l'on peut serrer ou desserrer à la main, à l'aide d'une double vis à filets contraires C. Ces bandes sont soutenues, à leur partie inférieure, par une tige D articulée sur une potence et, à leur partie supérieure, par un fort ressort à boudin E fixé à une seconde potence : ce ressort est destiné à supporter la bande de fer

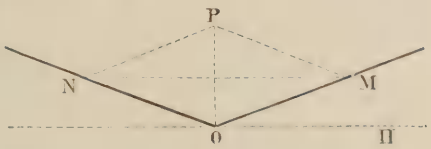


Fig 22

et les sabots lorsque le frein est desserré, de telle sorte que le tambour puisse tourner avec la plus entière liberté.

En avant du tambour se trouve une poulie à gorge F surmontée d'une poulie jockey G avec contrepoids mobile H. Le câble arrive des cuves placées à l'avant du navire, guidé par des rouleaux et poulies convenablement disposés et passe dans l'intervalle resté libre entre la poulie à gorge et son jockey : on règle le contrepoids de telle sorte que le câble soit suffisamment tendu en arrivant sur le tambour et que les différents tours ne puissent chevaucher les uns sur les autres. Un couteau qui affleure la partie antérieure du tambour repousse constamment les tours de câble, du rebord extérieur de ce tambour vers le milieu de son épaisseur, de manière à faire place au brin qui arrive de la cuve.

A la suite de cet appareil vient un dynamomètre (fig. 21) d'une forme particulière dont l'idée appartient à Sir Ch. Bright et que M. F. C. Webb a réalisée d'abord à bord de la *Narva*. Il se compose d'une poulie à gorge A mobile autour d'un axe soutenu par un cadre, lequel peut lui-même tourner autour de l'axe B. L'extrémité C de ce cadre est reliée par un jeu de leviers à une balance de Salter S suspendue à un bâtis W. L'axe autour duquel tourne le cadre, est placé de telle sorte que l'appareil soit naturellement en équilibre dans le plan horizontal et que la distance B C soit quintuple de celle A B.

De part et d'autre de la poulie A, à des distances et à des hauteurs égales, se trouvent deux poulies à gorge D et L : le câble passe sur ces poulies et sous celle du dynamomètre. Les positions des poulies D et L sont déterminées de telle sorte que la ligne du câble forme avec l'horizon un angle dont le sinus est 1/4, soit environ 14° 31′. En composant suivant la règle du parallélogramme des forces (fig. 22), les deux tensions O M et O N, égales et contraires du câble au point O, la grandeur O P de la résultante est déterminée par la relation :

$$\frac{OP}{2} = OM \times \sin MOH = OM \times \frac{1}{4}$$

$$OP = \frac{1}{2} OM$$

La force verticale qui tend à soulever la poulie du dynamomètre est donc exactement la moitié de la tension du câble à chaque instant. Le rapport des bras de levier A B et B C étant 1 : 5, la force qui, dans la balance de Salter, fait équilibre à la poussée exercée sur la poulie A n'est que le 1/5 de cette poussée et par suite le 1/10 seulement de la tension du câble.

La poulie L surplombe l'arrière du navire et est munie de deux joues latérales destinées à éviter le frottement du câble contre des arêtes vives, lorsqu'accidentellement la direction de celui-ci n'est pas parallèle à l'axe du navire.

Une autre roue semblable, fixée sur une petite plateforme, se trouve au-dessus de l'étrave du bateau, et est destinée aux relevages. Le câble, conduit par des poulies mobiles que l'on suspend aux haubans des mâts, arrive au tambour sur lequel il s'enroule trois fois et de là se rend dans l'une ou l'autre cuve, en suivant le chemin inverse de celui parcouru par le câble qui sort des cuves pour être immergé. On fait engrener, à l'aide d'une fourchette d'embrayage, une grande

(1) Ce navire qui est encore aujourd'hui affecté à la réparation des câbles français du littoral de l'Océan et de la Manche, a reçu, depuis 1870, le nom d'*Ampère*.

Fig. 22. — Pose du câble d'atterrissement dans le « Schot-el-Arab (Golfe Persique)

roue dentée fixée sur l'arbre du tambour avec une autre roue dentée que commande une petite machine à vapeur placée sur le pont : l'appareil d'immersion se trouve ainsi transformé en une sorte de grand treuil à vapeur. Le tirage entre le tambour et les cuves se fait à bras d'hommes.

On débraie la machine à vapeur dans les immersions ; son rôle se borne alors à actionner une pompe qui lance un jet d'eau continu sur le câble et sur les freins.

Afin d'éviter la formation possible de coques et les inconvénients résultant du passage rapide des grandes loves de câble aux petites dans les cuves, M. Siemens avait enroulé son câble sur un grand tambour, à axe vertical, terminé par deux plateaux. Sous le plateau inférieur était placé un rail circulaire roulant sur des galets en fonte que supportait un autre rail circulaire de même diamètre. L'axe vertical du tambour portait à sa partie supérieure une roue dentée qui, par l'intermédiaire d'un système d'engrenages et de poulies, était commandée par la petite machine à vapeur placée sur le pont.

La pose commença le 12 janvier 1864 : au bout

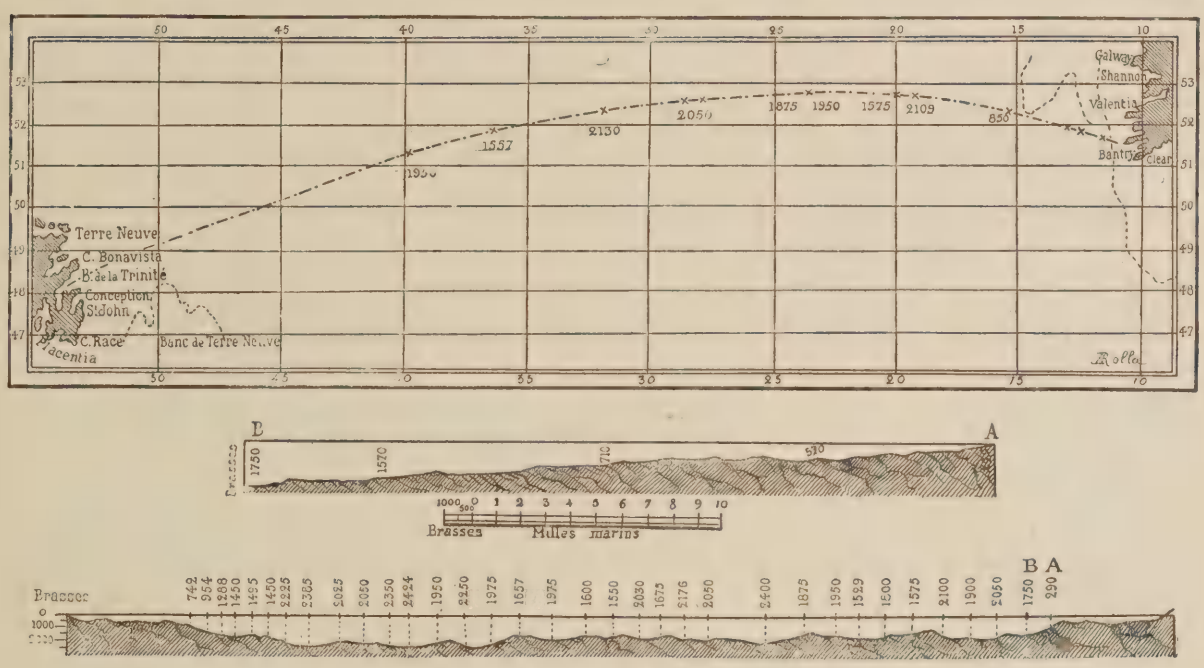


Fig. 2. — L'échelle des longueurs = 1/5 de celle des profondeurs

de quelques heures de marche, à la suite d'un arrêt occasionné par un dérangement de la grande bobine, le câble se brisa. L'énorme poids de la bobine avait promptement usé les galets qui s'écaillaient par places et opposaient à la rotation de tout le système une résistance considérable. M. Siemens renonça à ce mode de déroulement et le câble fut lové dans une cuve.

Le 28 janvier, on recommença l'opération en marchant d'abord très lentement: on augmenta ensuite peu à peu la vitesse qui atteignit jusqu'à 6 nœuds et même davantage. Au bout de douze heures, le câble se brisa dans les grandes profondeurs et fut abandonné. Le dynamomètre accusait, au moment de l'accident, une tension de 300 kilogrammes.

Une nouvelle tentative eut lieu au mois de septembre suivant. Tout le câble de grands fonds avait été heureusement déroulé; mais une rupture se produisit à 10 milles au large de Carthagène, durant l'immersion du câble d'atterrissement. Il semble qu'en vue d'éviter une dépense trop considérable, le câble ait été posé avec trop peu de mou en approchant des côtes d'Espagne, aux points où les fonds se relèvent très brusquement; une partie assez considérable de câble a dû être suspendue, en portant sans doute sur des arêtes de rochers, ce qui en a déterminé la rupture presqu'instantanée. On retira quelques milles de câ-

Fig. 25. — Baie de Foilhommerum (Irlande

ble sans arriver jusqu'à la cassure, le câble s'étant brisé encore sur des fonds de 900 brasses. On renonça à l'opération après une vingtaine de jours passés à le draguer inutilement.

Câble du Golfe Persique

Les câbles abandonnés de la mer Rouge n'ayant pu être réparés, malgré les efforts faits par une Compagnie qui s'était constituée en vue de les exploiter, le gouvernement des Indes britanniques se décida, en 1863, à entreprendre lui-même l'établissement d'une communication télégraphique avec l'Europe. Toutefois, afin d'abréger autant

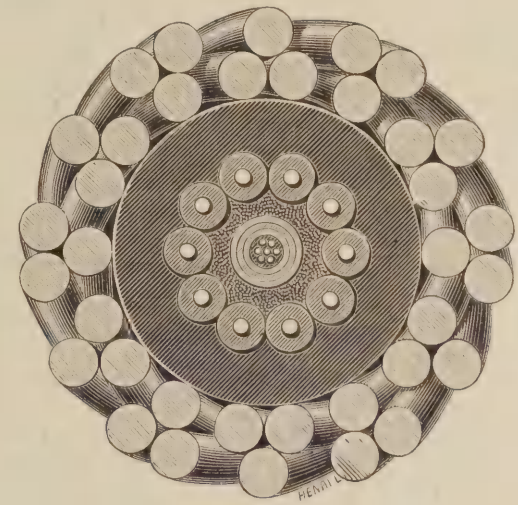


Fig. 26

que possible le parcours sous-marin et d'éviter les grandes profondeurs, il fut décidé qu'on se bornerait à immerger un câble dans le golfe Persique, en longeant les côtes du Béloutchistan, de manière à soustraire les communications au vandalisme des populations barbares, encore insoumises, de ce pays. Les points d'atterrissement choisis furent Kurrachee, sur la frontière de l'Inde et du Mekran, et Fao, à l'embouchure du Schot-el-Arab, formé de la réunion du Tigre et de l'Euphrate. La ligne, d'une longueur totale de 1150 milles, devait être divisée en quatre sections dont les stations intermédiaires devaient être Gwadur, Mussendom et Bushire. Une ligne terrestre passant par Bassorah, Bagdad, Mossoul et Diarbekir devait amener les dépêches de Fao à Constantinople d'où elles pourraient, soit transiter sur le réseau continental européen, soit gagner le câble d'Alexandrie à Malte, à l'aide d'une ligne aérienne qu'une Compagnie se proposait de construire à travers l'Asie Mineure.

Le modèle de câble, arrêté par Sir Ch. Bright et M. Latimer Clark, et fabriqué dans les usines de M. Henley, offrit quelques caractères particuliers qui le distinguèrent de tous ceux qui l'avaient précédé. Dans le but de combiner les avantages que présente, pour le maintien de la continuité du

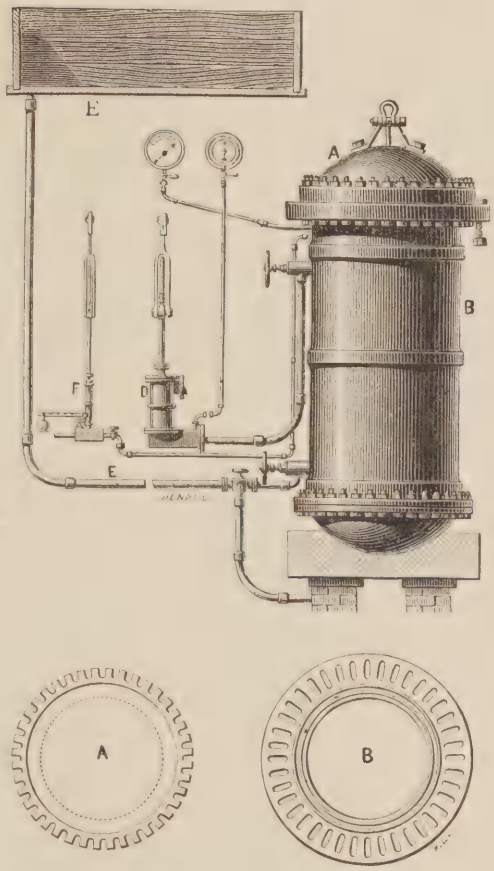


Fig. 27

conducteur, une cordelette à plusieurs brins, avec ceux qu'offre, au point de vue de l'induction électrostatique, un fil plein unique, on forma le conducteur de quatre fils de cuivre *segmentaires*, c'est-à-dire disposés de manière à correspondre aux quatre quarts d'un cylindre coupé suivant deux plans diamétraux rectangulaires; ces quatre fils étaient étirés à travers un tube en cuivre. Mais les difficultés de fabrication de ce conducteur furent telles qu'on dût l'abandonner et revenir au fil plein à section circulaire de même diamètre (3,2 millimètres) avant l'achèvement du travail.

Ce fil était recouvert par la *Compagnie de la gutta-percha* de quatre couches de gutta-percha alternant avec quatre couches de composition Chatterton, puis essayé par sections de trois milles marins dans de l'eau maintenue à la température de 24° C., et sous une pression de 3,5 kilogrammes par centimètre carré. La méthode dite d'accumulation fut appliquée pour la première fois aux essais des soudures. Au chanvre goudronné qui pouvait masquer les défauts d'isolement, M. W. Smith substitua la garniture humide et conductrice de chanvre tanné. L'armature extérieure comprenait douze fils de fer galvanisé de 6 millimètres de diamètre : pour préserver ces fils de l'oxydation et prévenir les accidents si fréquents produits par le rebroussement des fils cassés, à

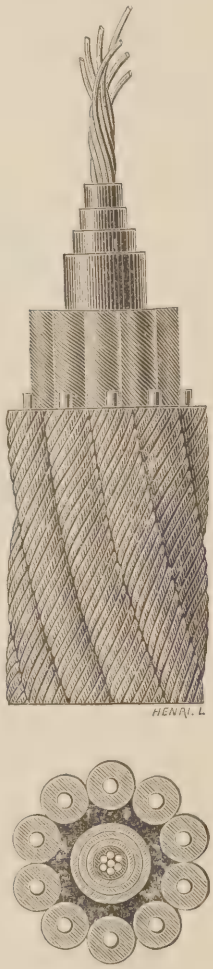


Fig. 28

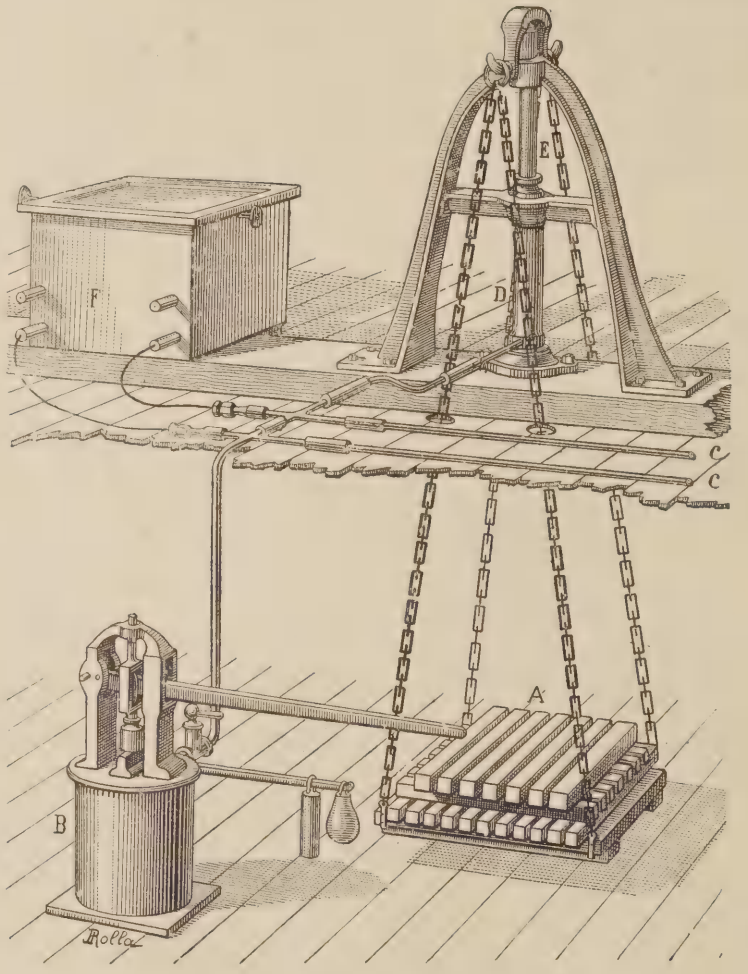


Fig. 29

eur passage dans la machinerie de pose, l'armature en fer fut recouverte de deux couches de fils de chanvre enroulées en sens inverse ; chaque couche de chanvre était en outre imprégnée d'une composition bitumineuse due à MM. Bright et Clark, que l'on appliquait à chaud et à l'état liquide et qui était formée de goudron de Norwège, de poix et de silice en poudre : le câble était passé ensuite entre deux rouleaux à gorge qui en égalisaient et en polissaient la surface Pour empêcher l'adhérence entre elles des couches de câble dans les cuves, on les saupoudrait de chaux. Aux autres avantages que présentait cette enveloppe extérieure, s'en joignit un sur lequel on n'avait pas compté : une plus grande flexibilité, d'où résulta un lovage plus parfait dans les cuves et conséquemment plus de chances pour le succès de l'immersion.

L'armature en fer du câble d'atterrissement devait être renforcée de manière à porter le poids de ce câble à huit tonnes par mille.

Le câble entièrement terminé fut déposé dans de vastes bassins remplis d'eau et soumis à des essais multipliés portant à la fois sur sa conductibilité, son isolement et sa capacité électrostatique. Il fut enfin embarqué sur un navire, transporté aux Indes, et immergé avec succès, mais non sans difficultés. A Khor-abd-Allah, à l'embouchure du Schot notamment, la flottille avait mouillé sur un bas fond séparé du rivage par un banc de vase de 6 à 8 milles de largeur. Le câble ne pouvant être porté à terre que par un bateau plat, on mit en réquisition la *Comète*, petit bateau de la marine de Bombay qui faisait le service entre Bassorah et Bombay et qui dut débarquer ses canons et son charbon pour faire place au câble. Cette opération ne demanda pas moins de quinze jours de travail. Dans le Schot, la vase du fleuve était si molle, qu'on ne pouvait y marcher : il fallut faire porter le câble par des hommes qui se traînaient sur le sol (fig. 23). Quand on atteignit la partie solide du banc qui sépare Khor-abd-Allah de Fao, on fut obligé de couper le câble par morceaux d'un mille et demi de longueur et de le transporter à dos d'hommes : plusieurs centaines d'Arabes furent employés à ce travail.

Cet atterrissement si difficile à mettre en place n'était pas encore terminé qu'on constatait un isolement sur la section de Fao à Bushire : mais le câble ayant été posé sur des fonds ne dépassant pas 50 brasses, la réparation en fut opérée rapidement. Aucune des sections de la ligne n'eut, après l'immersion, un isolement inférieur à trois cents millions d'unités Siemens par mille et la résistance du conducteur ne fut nulle part supérieure à sept unités, également par mille marin. Ces résultats si satisfaisants furent certainement dus aux soins minutieux et multipliés qui avaient présidé à la fabrication et à la pose de ce câble.

Câbles atlantiques de 1865 et 1866

Les promoteurs du télégraphe atlantique, en tête desquels se trouvait M. Cyrus W. Field, n'avaient cependant pas, depuis leur échec en 1858, renoncé un instant à l'idée de réaliser leur conception gigantesque. La Compagnie du Télégraphe atlantique, en même temps qu'elle se préoccupait de réunir de nouveaux capitaux, avait obtenu du gouvernement anglais l'envoi, dans l'Océan atlantique, de deux navires chargés d'explorer le fond de la mer jusqu'à une distance de trois cents milles, à partir des côtes d'Irlande et de Terre-Neuve. La campagne faite dans ce but en 1862, par le *Porcupine* dans la partie orientale de l'Atlantique, à la hauteur de l'Irlande, est restée célèbre. On reconnut que le fond de la mer (fig. 24), loin de former un précipice entre les profondeurs de deux cent quatre-vingt-dix brasses et le plateau télégraphique, s'abaisse en pente très douce et qu'audelà de cinq à six cents brasses, le sol est recouvert d'une épaisse couche d'*ooze*, vase molle formée de coquillages microscopiques dont le dépôt augmente tous les jours et est éminemment favorable à la conservation des câbles. Des bancs de roches faciles à éviter, sur lesquels devait reposer le câble de 1858, furent reconnus sur la côte de Terre-Neuve, comme sur celle d'Irlande, et de nouveaux atterrissages donnant toute sécurité aux câbles qui y seraient posés, choisis l'un à Heart's Content, dans l'île de Terre-Neuve, l'autre à Foilhommerum, près de Valentia (fig. 25).

La Compagnie constitua en même temps un Comité technique consultatif composé de MM. Fairbairn, Wheatstone, W. Thomson, Whitworth et Douglas Galton et confia à M. Cromwell F. Varley la direction des essais électriques.

L'âme proposée par MM. Elliott et Cie et adoptée pour le nouveau câble, devait être composée d'un toron de sept brins de cuivre de 1,2 millimètre de diamètre chacun, pesant ensemble 136 kilogrammes par mille marin, et recouvert de quatre couches de gutta-percha et de composition Chatterton pesant 182 kilogrammes par mille. Le fil central du toron de cuivre devait être recouvert de composition Chatterton de manière à empêcher de petites bulles d'air de rester emprisonnées dans les intervalles qu'eût laissés la juxtaposition des différents fils, lors du revêtement de la gutta-percha. La conductibilité du cuivre employé devait être égale au moins aux 0,85 de celle du cuivre chimiquement pur. Le conducteur ayant une section environ trois fois plus grande que celle du conducteur du câble de 1858, et une résistance électrique bien inférieure en raison de sa plus grande pureté, on comptait pouvoir transmettre, après la pose, jusqu'à sept mots par minute.

L'âme du câble devait être recouverte d'un matelas de chanvre tanné par dessus lequel devaient être enroulés en hélice dix fils de fer homogène (acier Bessemer) de 2,5 millimètres de diamètre et pouvant résister chacun à une traction de 400 kilgorammes. Chaque fil de fer (fig. 28) devait être entouré séparément d'une couche de chanvre de Manille ou jute imprégné d'une composition de goudron, caoutchouc et poix, destinée à protéger les fils de fer contre l'oxydation et à diminuer le poids spécifique du câble; l'expérience avait, en outre, fait connaître que la résistance à la rupture d'un fil de fer entouré de chanvre est supérieure à la somme des résistances du fer et du chanvre considérés séparément. Aussi, comptait-on que le câble de grands fonds ou « *deep sea* » résisterait à une traction supérieure à sept tonnes. Il devait peser

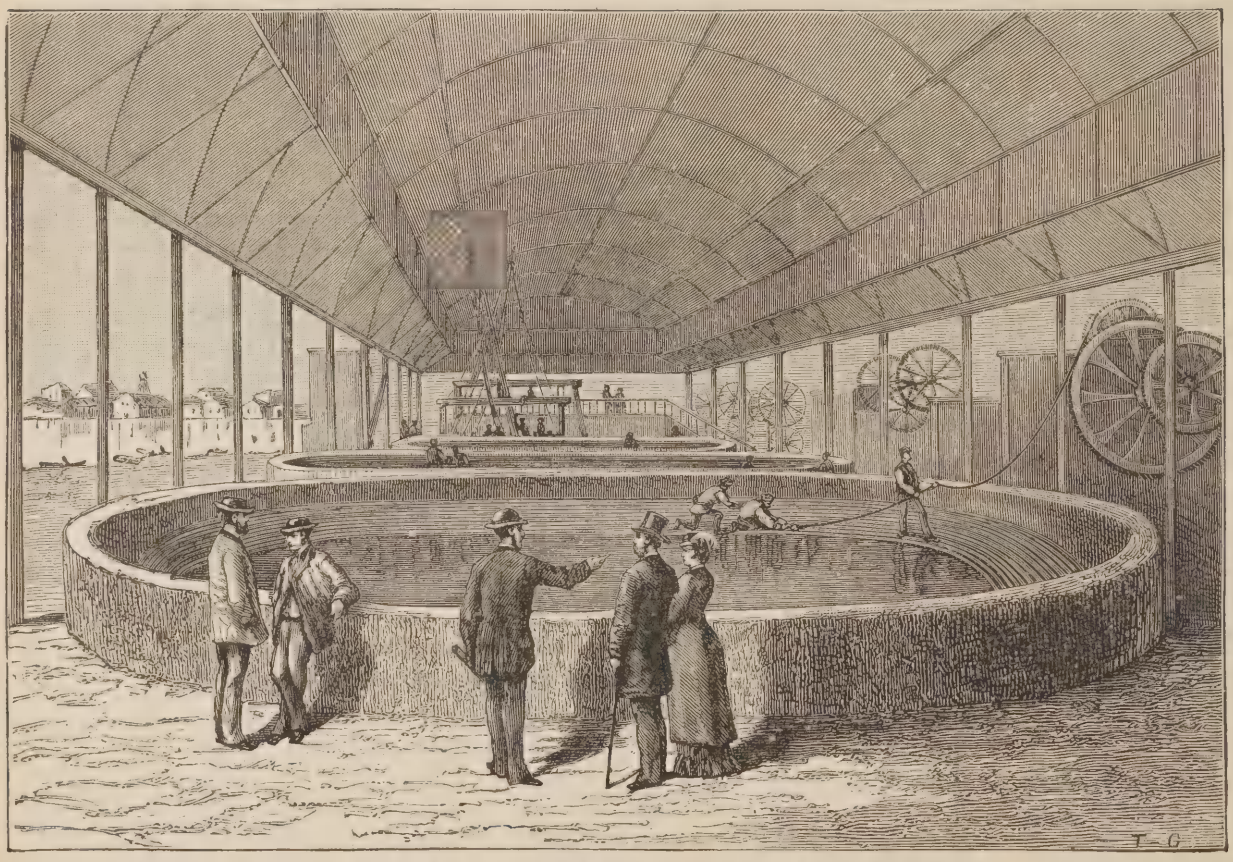


Fig. 30. — Lovage du câble atlantique dans les cuves, au sortir de l'atelier de fabrication

dans l'air 1818 kilogrammes par mille marin et 722 kilogrammes seulement dans l'eau : son diamètre total devait être de 27 millimètres.

Le câble d'atterrissement ou « *shore end* » (fig. 26) devait être pourvu d'une seconde armature composée de douze torons dont chacun devait comprendre trois fils de fer galvanisés de 6,5 millimètres de diamètre : son poids devait être de 20 tonnes par mille et son diamètre de 56 millimètres. Il devait être relié au « *deep sea* » par une partie de diamètre graduellement diminuée et longue de 250 brasses.

L'âme du câble fut fabriquée par la *Compagnie de la Gutta-percha*. Chaque section de trois milles était plongée pendant vingt-quatre heures dans l'eau à 24° C. et rejetée si son isolement par mille marin était inférieur à 150 millions d'unités Siemens : les résistances constatées ont été presque toujours supérieures au double du minimum exigé. Les bobines étaient ensuite soumises à de nouveaux essais faits sous pression et enfin déroulées et examinées à la main avec le plus grand soin.

Les premiers essais sous pression des fils re-

Fig. 31. — Le « Great Eastern »

couverts se firent en enfermant les fils, obturés à l'une de leurs extrémités, dans des tubes en fer C, C, de 110 mètres de longueur et de 0,0125 mètre de diamètre intérieur. Ces tubes (fig. 29) étaient en communication d'une part avec une presse hydraulique B, et d'autre part avec un cylindre D contenant un piston E dont la tige supportait à l'aide de quatre chaînes, un plateau A chargé de poids suffisants pour donner à l'eau la pression voulue. L'extrémité libre des fils aboutissait à une boîte F, recouverte d'une glace et contenant un électromètre de Peltier avec les appareils accessoires nécessaires pour l'envoi dans les fils du courant d'une pile. On observait, pour chaque fil, le courant de perte et celui de décharge, immédiatement avant et immédiatement après l'application de la pression. La température à laquelle étaient soumis les fils se lisait sur

Fig. 22. — Embarquement du câble atlantique, a bord du « Grat Easten ».

des thermomètres qui traversaient les tubes C.

M. W. Reid imagina plus tard un appareil, d'un usage plus commode, qui consistait (fig. 27) en un grand cylindre de fer B, fermé par un couvercle mobile A, et dans lequel on introduisait la bobine de fil à essayer. L'une des extrémités du fil était obturée, l'autre passait, à travers une tubulure rendue bien étanche par du caoutchouc, à l'extérieur du cylindre et était reliée à une pile et à un galvanomètre très sensible. Le cylindre était d'abord mis en communication avec une pompe à air D, à l'aide de laquelle on produisait un vide aussi parfait que possible ; il était ensuite rempli d'eau fournie par un réservoir E et soumis à l'action d'une presse hydraulique F qui comprimait la masse d'eau avec le fil qui y était plongé, à une pression pouvant atteindre 1400 kilogrammes par centimètre carré : cette pression est celle que supporterait dans la mer, un câble immergé à 14 kilomètres de profondeur. Au bout de quelques heures, les bulles d'air, s'il en existait dans l'enveloppe isolante du fil, déterminaient, dans cette enveloppe, de petites fissures que l'application du courant négatif élargissait

immédiatement et dont la présence était révélée alors par le galvanomètre. Le fil retiré de l'appareil était enroulé sur une autre bobine en passant entre les doigts d'un ouvrier exercé qui devait reconnaître, au toucher, toutes les gerçures de la gutta, les réparer, si l'avarie était légère, et couper la gutta pour faire une soudure complète, si le défaut semblait plus grave.

Le revêtement de chanvre et de fer fut fait par la *Telegraph Construction and Maintenance Cie*, sous la direction de MM. Glass et Elliott. Les bobines d'âme, avant d'être mises en œuvre, furent conservées sous l'eau dans des réservoirs fermés à clef et le câble une fois fabriqué fut lové dans huit énormes cuves en tôle (fig. 30), bien étanches, remplies d'eau et soumis à des essais renouvelés tous les jours, à la fois par les entrepreneurs et par les électriciens de la *Compagnie Atlantique*.

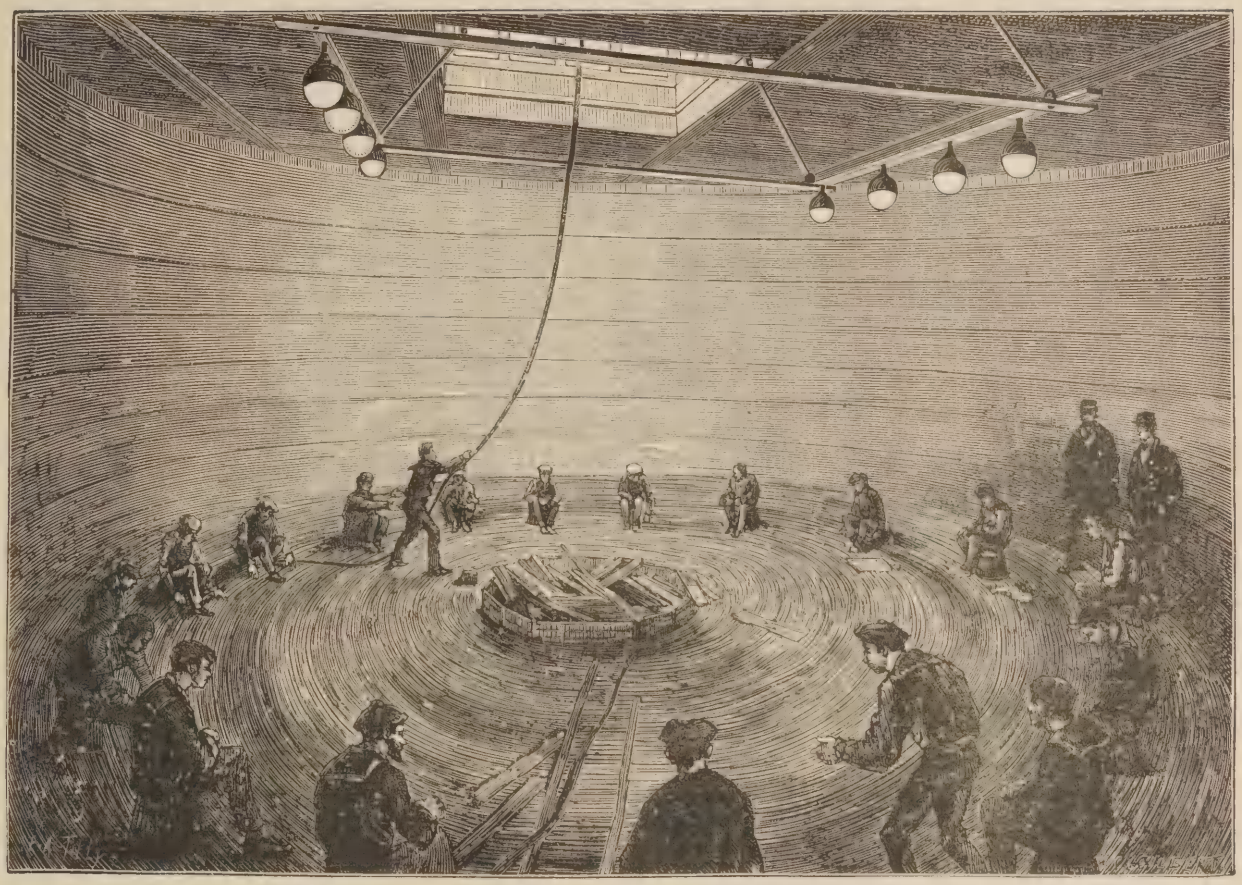


Fig. 32. — Vue d'une cuve du Great Eastern

L'expédition de 1857 ayant démontré les inconvénients de l'immersion simultanée d'un câble par deux navires, partant, en sens opposé, du milieu de la route à parcourir, on résolut d'embarquer les 2300 milles de câble qui avaient été fabriqués, sur un immense bâtiment de 22500 tonneaux, le *Great Eastern* (fig. 31), qui était resté sans emploi depuis plusieurs années. Le *Great Eastern* ne pouvant accoster les appontements de l'usine d'*East Greenwich*, le câble dut être coupé en plusieurs morceaux qui furent lovés sur deux pontons que l'amirauté mit à la disposition de la Compagnie; une petite machine à vapeur spéciale, actionnant une roue à gorge surmontée d'une poulie jockey par lesquelles le câble, saisi comme entre les deux cylindres d'un laminoir, était entraîné, le hâlait ensuite à bord du *Great Eastern* (fig. 32); il y était enroulé dans trois grandes cuves en fer étanches qui avaient été disposées à cet effet dans les flancs du vaste navire (fig. 33): les cuves du milieu et de l'arrière avaient 17,50 mètres de diamètre sur 6,25 mètres de hauteur, celle

de l'avant n'avait que 15,75 mètres de diamètre.

E. WUNSCHENDORFF

(*A suivre*)

SUR LE

DÉPOT ÉLECTROLYTIQUE

DES ALLIAGES ET SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE DES MÉTAUX

DANS LES CYANURES EN DISSOLUTION [1]

On sait qu'il n'est pas possible d'obtenir de dépôt galvanique des alliages tels que le laiton, le bronze et le maillechort, en partant du mélange des solutions des sulfates ou chlorures des métaux constituants; mais ce dépôt se fait en employant les mélanges de cyanures, ou des solutions neutres contenant du cyanure de potassium en excès.

Il semble qu'on a là une déviation de la loi de Berzélius d'après laquelle le métal le moins électro-positif devrait se déposer le premier.

Afin de déterminer la cause de ce fait, nous avons étudié :

a) La force électromotrice d'un certain nombre de métaux dans des solutions de cyanure de potassium;

b) La variation de la force électromotrice, en particulier, dans le cas du cuivre et du zinc, avec le degré de concentration de la solution.

c) La variation de la force électromotrice du cuivre et du zinc dans une solution type de cyanure de potassium à différentes températures ;

d) La force électromotrice du cuivre et du zinc dans un bain de laitonnage consistant en un mélange de cyanures de zinc et de cuivre, avec un excès de cyanure de potassium et sa variation avec la température.

Nous avons trouvé qu'en concentrant les solutions de cyanures, on augmente toujours davantage la force électromotrice du cuivre que celle du zinc.

Dans une dissolution froide de cyanure de potassium, la force électromotrice du couple zinc-charbon est 1,158 volt, tandis que le cuivre ne donne que 0,948 volt; dans une solution bouillante et saturée de cyanure de potassium, au contraire, la force électromotrice du premier couple est de 0,768 volt, tandis que le cuivre donne 1,300 volt, soit 0,532 en plus.

Il est donc possible de construire une pile voltaïque contenant un seul métal, soit le cuivre, et un seul électrolyte, soit une solution de cyanure de potassium, en maintenant chaude l'anode, et froide la cathode de l'élément.

On a obtenu les forces électromotrices suivantes avec une cathode de charbon, et les diverses solutions de cyanure.

	99,4 grammes	19,4 grammes	1,18 grammes
Température des Métaux 18° C			
Zinc	1,520	*Cu*. 1,434	*Zn* .. 1,13
Cuivre	1,425	*Zn*. 1,401	Lait. 0,58
Laiton	1,400	 1,315	Mail. 0,50
Maillechort	1,05	 0,936	*Pb*... 0,44
Or	0,885	 0,834	*Cu*.. 0,39
Argent	0,845	 0,810	*Az*.. 0,39
Plomb	0,64	... 0,609	*Au*.. 0,34
Fer	0,47	 0,181	Acier 0,30
Acier	0,44	 0,161	*Fe*... 0,30
Platine	0,27	 0,017	*Pt*... 0,14
Charbon	0	 0	C... 0

Les chiffres marqués en tête des colonnes donnent le poid du sel par litre d'eau.

Pour plusieurs de ces métaux, la force électromotrice maximum a lieu pour des concentrations moyennes.

On a obtenu les chiffres suivants pour le zinc et le cuivre dans des solutions de cyanure à 17° C pour des concentrations variables.

Grammes par litre	F. É. M. zinc	F. É. M. copper	Différence Z — C
2,9	1,158	0,948	+ 0,210
5,9	1,167	0,967	+ 0,200
11,2	1,184	1,018	+ 0,166
23,8	1,221	1,058	+ 0,163
47,7	1,269	1,130	+ 0,139
95,5	1,303	1,220	+ 0,080
191,1	1,355	1,360	— 0,006

Dans le cas d'un mélange des solutions de cyanures de cuivre et de zinc, il y a un certain mé-

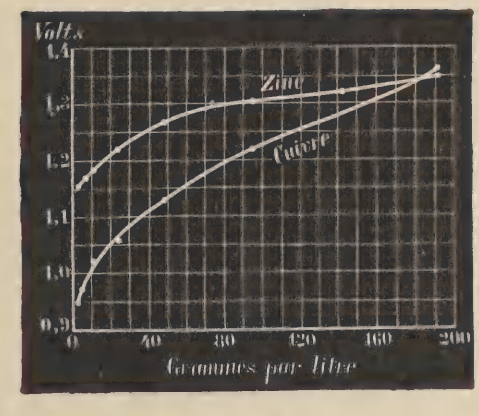
[1] Note présentée le 12 mai à *La Royal Society*, de Londres et communiquée par l'auteur.

lange neutre, pour lequel les forces électromotrices du zinc et du cuivre sont égales; cette neutralité de la solution dépend des rapports des bases, de la concentration et de la température.

La température neutre, pour une solution donnée, est abaissée par l'addition de cyanure de potassium; elle s'élève, au contraire, par l'adjonction d'ammoniaque.

Ce point, du reste, n'est pas nettement défini, le cuivre se comportant d'une manière assez indéterminée; en général, la force électromotrice du cuivre pur, dans une solution de cyanure, augmente dans certains cas de 0,08 volt dans l'espace de quelques secondes après l'immersion; mais elle baisse rapidement, quoique temporairement, par l'agitation du liquide.

Puisque le degré de concentration de la solu-



tion affecte fortement la force électromotrice du métal, et puisque dans le dépôt galvanique d'un métal de la solution d'un de ses sels, la concentration du liquide à la cathode varie, par suite du dépôt du métal et de la lenteur de la diffusion, il s'en suit que la force contre-électromotrice à la cathode variera avec le degré de rapidité du dépôt du métal et, par conséquent aussi, avec la densité de courant employée.

Et, puisque en outre, les variations de la force électromotrice dues aux variations de concentration sont plus grandes pour le cuivre que pour le zinc, il s'en suit, que dans le dépôt galvanique du laiton d'un mélange de concentration moyenne des solutions des cyanures, dans lequel, le zinc est légèrement plus électro-positif que le cuivre, il y a une certaine densité de courant pour laquelle les métaux seront déposés en quantités approximativement égales, tandis que pour une densité plus faible, le métal le moins électro-positif sera déposé en excès; ce serait le contraire pour une densité plus forte.

Il suit de là, que si pour tous les courants, sauf pour des courants très faibles, on s'écarte de la loi d'après laquelle le métal le moins électro-positif doit être déposé le premier d'un mélange de solutions, cet écart provient des variations de la concentration de la solution au voisinage de la cathode.

S. P. Thompson

NOTE SUR QUELQUES

APPAREILS DE MESURE

APÉRIODIQUES

EMPLOYÉS A L'INSTITUT ÉLECTRO-TECHNIQUE MONTEFIORE

A LIÈGE

ÉLECTROMÈTRE

L'utilité de l'emploi d'appareils de mesure apériodiques apparait chaque jour davantage. Ces instruments permettent de faire rapidement les lectures et ils réduisent notablement la durée des essais que les constructeurs électriciens ont à effectuer. Cette raison justifie la faveur que le galvanomètre Deprez d'Arsonval a rencontrée.

En ce qui concerne les mesures électrométriques, on a signalé dans ce recueil les dispositifs imaginés par MM. Curie et par M. Ledeboer, dans le but d'amortir les oscillations de l'électromètre à quadrants de Thomson.

J'ai modifié l'électromètre d'Edelmann de manière à obtenir un amortissement très remarquable. L'appareil fonctionne depuis plusieurs mois à l'Institut électro-technique de Liège.

Je rappellerai que dans l'électromètre d'Edelmann, les quadrants ont une forme cylindrique allongée. La pièce mobile est constituée par un cadre en aluminium, suspendu par un fil de cocon et orienté par une petite aiguille aimantée.

Dans l'appareil que j'ai combiné, (fig. 1 et 2), le cadre est porté par un fil métallique mince, qui le dirige et le met en communication avec l'extérieur. Ce cadre est constitué par deux segments cylindriques, reliés à la partie supérieure par une traverse et à la partie inférieure par une bague.

Les quadrants sont embrassés par un fort aimant permanent N. S., dont les lignes de force sont concentrées dans la région où se meut le cadre, à l'aide d'une pièce de fer *f*, supportée par la partie courbe de l'aimant.

Il est facile de se rendre compte de l'effet de cette disposition.

Lorsque le cadre mobile se déplace sous l'effet des forces électro-statiques, il est parcouru par

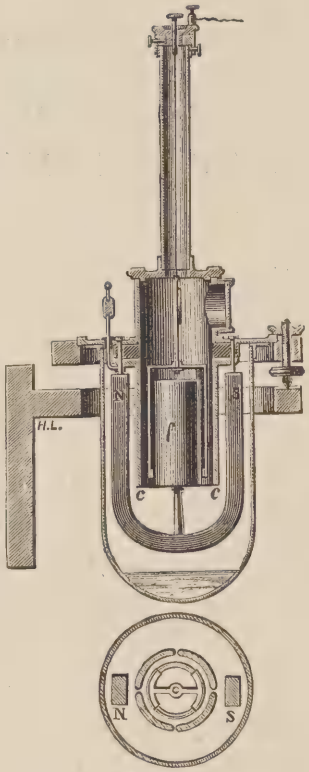


Fig. 1 et 2

des courants induits, dont l'intensité dépend du champ produit par l'aimant, de la conductibilité du cadre et de la vitesse du déplacement.

Ces courants absorbent la force vive communiquée à l'aiguille et amortissent complètement les oscillations.

Galvanomètre

Des études faites à l'Institut électro-technique ont montré que la sensibilité du galvanomètre Deprez d'Arsonval, est grandement influencée par la position du centre de gravité de la bobine mobile par rapport à la ligne formée par les fils de suspension.

Un galvanomètre construit à cet Institut par M. Lhoest possède un cadre enroulé au moyen de fil de 0,1 m.m. et ayant une résistance totale de 178 ohms. Les deux fils de suspension ont 19 centimètres de long et 0,05 m.m. de diamètre. Des surcharges ont été disposées de manière à mettre le centre de gravité du système mobile sur l'axe de suspension. En outre, des fils de visée ont été tendus latéralement de manière à amener les fils de suspension exactement dans la verticale. Dans ces conditions, on a pu donner au galvanomètre une sensibilité extraordinaire, comparable à celle

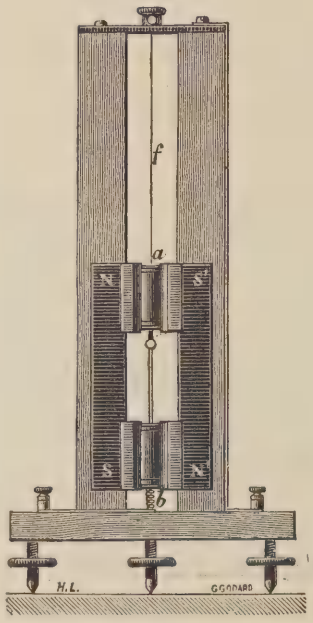


Fig. 3

des galvanomètres Thomson les plus délicats. La période d'oscillation du gavanomètre shunté est extrêmement longue, ce qui convient particulièrement pour mesurer les décharges et les extra-courants.

La plus légère inclinaison sur la verticale des fils de suspension, permet de faire varier la constante de l'instrument. En effet, si l'on incline l'appareil, en touchant aux vis calantes, la bobine s'affaisse et se place de manière que son ceutre de gravité soit le plus bas possible. Lorsqu'on fait dévier la bobine sous l'influence d'un courant, le centre de gravité est légèrement relevé, en sorte que la force antagoniste comprend non-seulement la torsion des fils, mais encore une composante du poids de la bobine.

Dans le but d'éviter tout réglage pour amener

le centre de gravité dans la ligne de suspension, M. Peschetto a combiné un appareil représenté figure 3, dans lequel la bobine est portée par un fil unique *f*. Le courant sort de la bobine par un boudin très léger *b*. Un cadre en cuivre *c*, relié invariablement à la bobine *a*, et tournant entre les branches inférieures des aimants N S, N′ S′, sert à amortir les oscillations du système mobile.

Dans le cas où l'on veut faire servir l'appareil à la mesure d'une décharge instantanée, il suffit de réunir, par une armature de fer, les pôles inférieurs des aimants ; l'instrument devient alors apériodique (1).

L'appareil ainsi construit possède une sensibilité suffisante pour les mesures les plus délicates que l'on ait à effectuer dans l'industrie électrique.

ERIC GERARD

(1) Cet appareil est construit par M. May, préparateur à l'Institut électro-technique.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, 7 mai 1887, p. 256.

L'ALUMINIUM

ET SON

ÉLECTRO-METALLURGIE

Le procédé récemment breveté par M. *Kleiner* de Zurick, consiste essentiellement, comme nous le savons (2), à réduire par l'arc voltaïque la cryolite ou fluorure double d'aluminium et de sodium parfaitement débarrassée de fer, de soufre et de silicium.

Le creuset est disposé de manière à diminuer l'usure du charbon positif et à faciliter la formation du culot d'aluminium autour du charbon négatif H (fig. 1, 2 et 3) qui traverse la garniture de bauxite G. Le charbon positif I est annulaire, en deux segments reliés par des appendices I′ au conducteur J, en forme de cadre. Les charbons positifs sont protégés du contact de l'arc par une seconde garniture G′. La cryolite est tassée en K, entre les charbons positifs et autour des charbons négatifs dont les extrémités doivent être, au commencement de l'opération, au niveau du bord supérieur des charbons positifs.

Une fois l'arc amorcé directement ou par l'intermédiaire d'un petit charbon auxiliaire, la cryolite fond rapidement, et l'aluminium se rassemble au fond du creuset, autour du charbon négatif.

Ainsi que l'indiquent les figures l'appareil se compose d'une série de creusets G, groupés dans une même bache E, d'un ensemble très accessible et fort simple. M. Kleiner espère, comme nous l'avons dit, produire ainsi l'aluminium à moitié prix de sa valeur actuelle (1).

Nous avons exposé à la page 255 de notre numéro du 7 mai dernier, le principe de la méthode de fabrication du sodium par le procédé *Castner;* nous allons maintenant décrire ce procédé avec plus de détails, en nous aidant principalement du mémoire présenté à ce sujet par M. Mactear, représentant de M. Castner, à la *Chemical Society*, de Londres, le 7 mars dernier.

Le fer en poussière, que l'on mélange au goudron pour composer le *carbide* que M. Castner, emploie comme réactif principal, s'obtient par la réduction de l'oxyde rouge de fer à 500° dans un courant d'hydrogène. Le mélange de fer et de poix est ensuite carbonisé dans de grands creusets, de manière à former une sorte de coke métallique suceptible d'être porphyrisé sans que le fer puisse se séparer du carbone.

La soude caustique que l'on mélange à ce carbure de fer doit être aussi concentrée que possible. Les creusets actuellement employés par M. Castner peuvent contenir environ 6,80 kilogr. de soude en plus de la proportion de carbure $Fe\,C^2$ nécessaire pour fournir la réaction fondamentale $3\,Na\,Ho + Fe\,C^2 = 3\,Na + Fe + Co + Co^2 + 3\,Ho$.

Le creuset ainsi chargé est maintenu, dans un petit foyer spécial, à une température modérée, pendant une demi-heure environ : pendant cette opération, la masse fond, entre en ébullition violente par le dégagement de la vapeur d'eau ; néanmoins, grâce à sa densité, le carbure $Fe\,C^2$ reste, pendant toute la durée de l'opération, en suspension au contact intime de la soude, dont il opère ainsi rapidement la réduction.

Le creuset reste donc, à la fin de l'opération, rempli d'un mélange de fer et de sodium. On le porte alors sur la plateforme *p* (fig. 4), de l'un des fours de distillation qui le soulève, au moyen d'un piston hydraulique *h* commandé par *h′*, de manière à l'appliquer fermement sur son couver-

(1) Voir *La Lumière Électrique*,

cle *c*, fixé à la voute du four. Le bord de ce couvercle pénètre dans une rigole circulaire pleine de chaux en poudre, qui forme le bord du creuse et constitue ainsi un joint tout à fait étanche.

Le couvercle *c* du creuset est relié par un tube circulaire *t* au condenseur *c'*, analogue à ceux de Deville, percé d'une ouverture *o* pour le dégagement de l'hydrogène et pourvu d'une tringle *t'*, permettant de dégager le tube *t* des obstructions qui pourraient se produire pendant la distillation.

Pendant l'opération, on allume en *o* l'hydrogène dont la flamme permet d'observer les progrès de la distillation, qui commence presque aussitôt le creuset en place et se poursuit à une température de 820° environ. Le gaz qui s'échappe en *o* renferme environ 95 o/o d'hydrogène et 3 o/o d'oxyde de carbone, provenant de la présence d'un petit excès de carbure. Cet oxyde de carbone ne nuit pas à la qualité du sodium qui s'écoule presque pur sans engorger les tubes *t* des condenseurs.

A la fin de la distillation, il reste dans les creu-

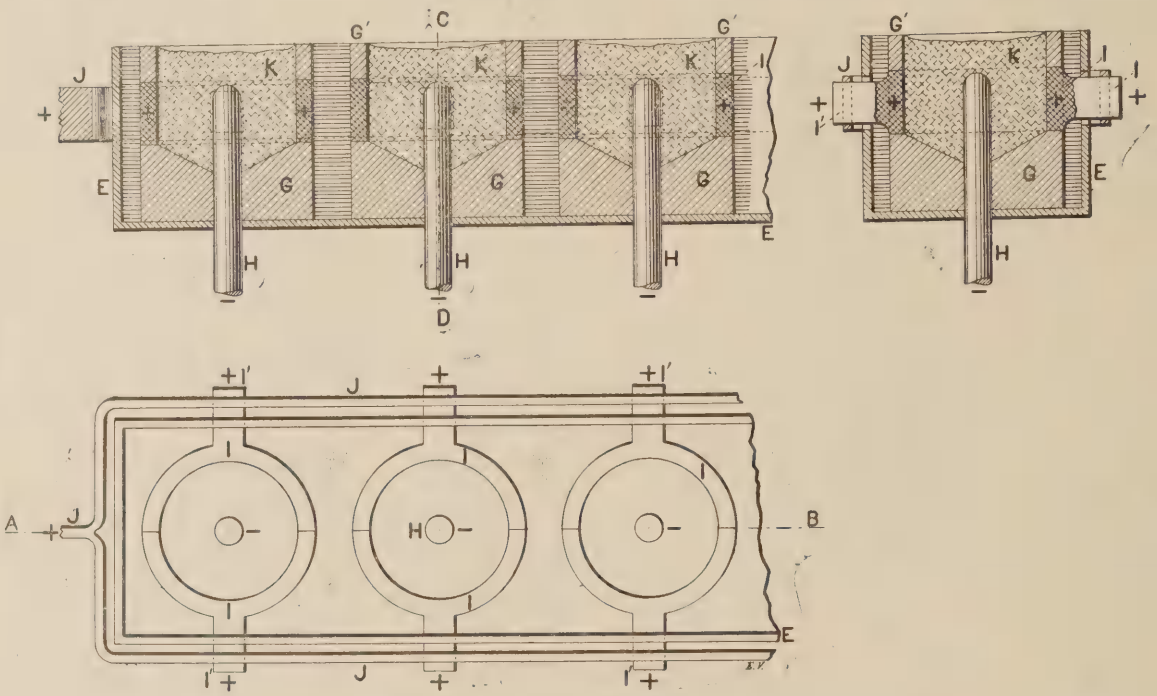


Fig. 1, 2 et 3

sets un résidu dont la composition moyenne est la suivante :

Carbonate de soude	77 o/o
Peroxyde de sodium	2 »
Carbone	2 »
Fer	19 »

Le poids de ce résidu est d'environ 7,25 kilogr. pour une charge de 6,80 kilogr. de soude caustique et de 1,95 kilogr. de carbure.

On traite ces résidus pour en retirer du carbonate de soude pur cristallisé ou de la soude caustique, et en recouvrer le fer qui sert indéfiniment pour préparer du nouveau carbure. On peut ainsi retirer, de ces 7,25 kilogr. de résidus, 5,90 kilogr. ou 76 o/o de carbonate de soude, ou 4,30 kilogr. de soude caustique.

On obtient par ce procédé, d'une charge de 7,26 kilogr.

	en pratique kilogr.	en théorie kilogr.
Sodium	1,30	1,28
Carbonate de soude	5,90	5,98

La durée d'une opération est de une heure et demie, de sorte qu'un four à trois creusets, comme celui qui est représenté par la figure 4 peut traiter en 90 minutes 20,50 kilogr. et produire par heure 3,40 kilogr. de sodium et 17,70

kilogr. de carbonate de soude ; soit, en 24 heures, 54,50 kilogr. de sodium et 283 kilogrammes de carbonate de soude.

Le four est chauffé par le gaz d'un gazogène de Wilson, brûlé par un courant d'air chauffé dans les tubes T enveloppés par les flammes perdues, et qui consomme 50 kilog. de charbon par heure.

On admet qu'un creuset peut supporter 200 opérations, ce qui ajoute, de ce fait, une dépense d'entretien de 0 fr. 20 environ par kilogramme de sodium produit. En admettant la même somme, 0 fr. 20, pour l'entretien du four, M. Castner en arrive à conclure qu'il peut produire le sodium en grandes masses au prix commercial de 2 fr. 75 le kilogramme.

On produirait aussi le potassium à peu près au même prix.

Ce prix, déjà si bas, pourra diminuer encore

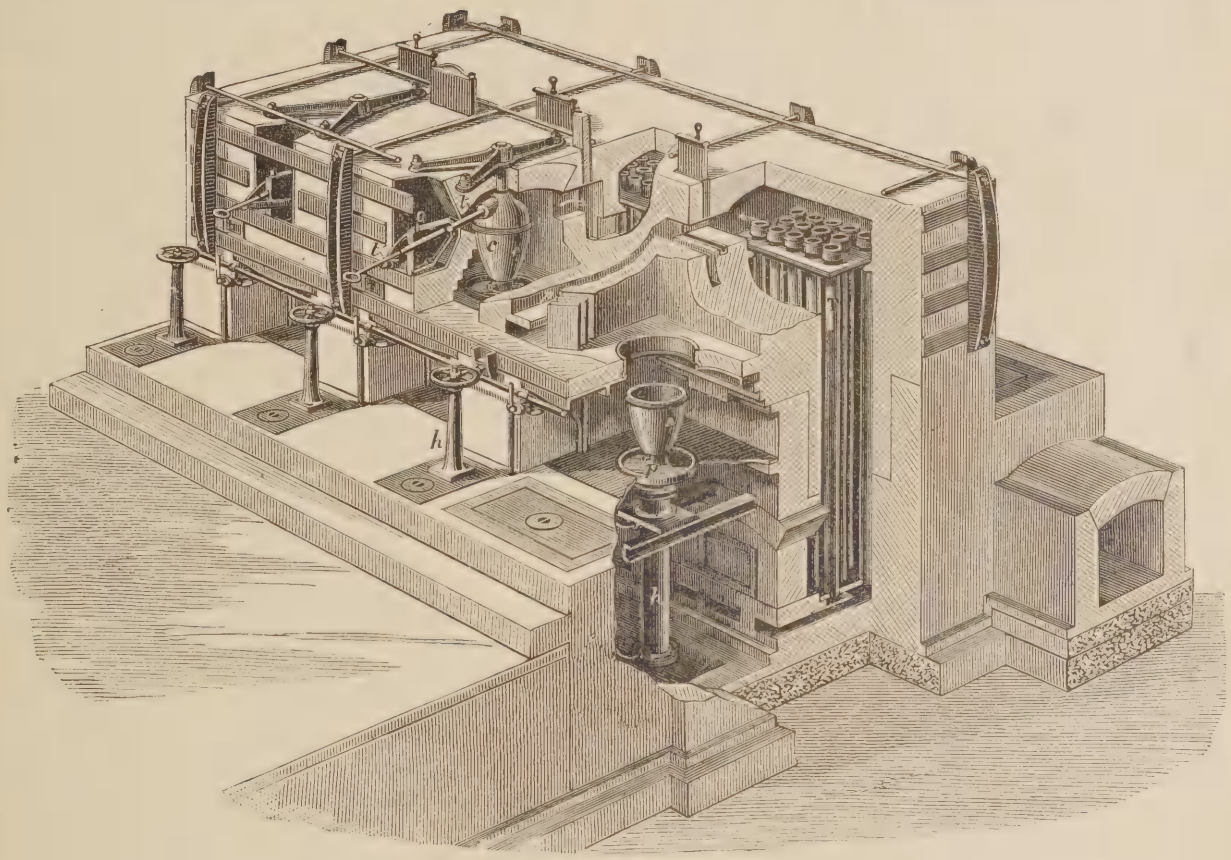


Fig. 4

en augmentant la dimension des creuset, dont la charge serait portée de 6 k. 80 à 25 kg. de soude caustique.

La meilleure matière à employer pour ces creusets est la fonte, préférable à l'acier et moins coûteuse.

La dépense de production de 54 k. 50 (120 livres de sodium) se décompose comme il suit :

	liv.	s.	d.
720 livres de soude caustique à 11 livres la tonne	3	10	10
150 livres de carbure à 1/2 *d* par liv.	0	6	4
Salaires, main-d'œuvre	1		
Charbon	0	17	
Reconversion de 624 liv. de carbonate de soude en soude caustique à 5 liv. par tonne de soude caustique produite	1		
Total	6	14	2
A déduire la valeur des 475 liv. de soude caustique récupérée	2	6	8
Coût de revient des 120 liv. de sod.	4	7	6

Soit 8 1/4 *d* par livre, ou 1 fr. 80 par kilogramme.

Le bon marché du procédé Castner est dû principalement à la basse température des réactions et à leur rapidité; les tubes *t* ne s'engorgent pas et les pertes sont insignifiantes.

Avec l'ancien procédé, la réduction s'opérait à des températures voisines de 1500° — destructives des creusets — et avec un dégagement considérable d'oxyde de carbone qui se décomposait au contact du sodium distillé, en formant avec lui un composé pateux obstruant l'écoulement des condenseurs.

M. *Webster*, dont nous avons aussi mentionné le procédé de réduction de l'alumine par le sodium dans le numéro de *La Lumière Électrique* du 7 mai dernier, a également perfectionné sa méthode qu'il compte appliquer sur une très grande échelle.

Le procédé de M. Webster, appliqué depuis 1883 par l'*Aluminium Crown Metal C°*, à Hollyhead, près de Birmingham, consiste à former le chlorure d'aluminium ($Al^2 Cl^6$) en partant de l'alun, de façon à éviter les deux principales impuretés de l'aluminium, le silicium et le fer, que l'on rencontre toujours dans les argiles. D'après le principal brevet de M. Webster, on chauffe d'abord à 250° environ, dans un four de calcination, un mélange de 3 parties d'alun pour une de brai; au bout de trois heures, ce mélange a perdu environ 40 o/o de son poids d'eau. On sèche, on lave le mélange calciné à l'acide chlorhydrique, jusqu'à ce qu'il ne dégage plus d'hydrogène sulfuré, puis on l'amalgame, en le pulvérisant, avec du poussier de charbon, de manière à en former des boulettes d'une livre environ.

Ces boulettes, perforées pour en faciliter le séchage, sont d'abord chauffées lentement de 40° à 150° dans un dessicateur, puis soumises, pendant trois heures, dans des cornues portées au rouge, à l'action d'un courant de deux volumes de vapeur pour un volume d'air qui enlève le soufre et le carbone sous forme d'acide sulfureux et d'acide carbonique. Le résidu, finement pulvérisé, traité au bain-marie pendant une heure en ébullition dans sept fois son poids d'eau, puis décanté, lavé et séché, donne enfin une masse qui renferme environ 84 o/o de son poids d'alumine, réduit ensuite par le sodium.

On obtiendrait ainsi, d'après M. Webster, l'alumine pure avec une économie de 90 o/o des dépenses exigées par l'ancien procédé, et l'on utiliserait les sous-produits de sa fabrication en grande partie pour la production d'une couleur bleue, vendue 16 francs le kilogramme, et pouvant remplacer l'indigo dans la teinture des calicots.

Ce sont là, on le voit, de bien belles espérances, et nous devons penser qu'elles ne sont pas tout à fait dénuées de fondement puisqu'il se forme, en ce moment, en Angleterre, une grande compagnie, l'*Aluminium C°*, au capital respectable de 10 millions, avec l'approbation plus respectable encore de chimistes éminents, tels que M. Roscoe, pour l'achat des établissements de l'*Aluminium Crown C°*, des brevets Webster et des brevets Castner.

Voici donc la fabrication chimique de l'aluminium entrée dans une voie nouvelle, — on espère pouvoir livrer l'aluminium pur à 40 francs le kilogramme. Nous avons pensé qu'il serait utile de faire connaître cet évènement aux lecteurs de *La Lumière Électrique*, dont quelques-uns, sans doute, s'intéressent au procédé rival, la fabrication électro-chimique de l'aluminium.

C'est notre excuse pour avoir consacré quelques colonnes de ce journal à l'exposition de procédés qui n'ont, en eux-mêmes, rien à faire avec l'électricité.

GUSTAVE RICHARD

CONSIDÉRATIONS SUR QUELQUES THÉORIES

RELATIVES A

L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Deuxième note [1]

§ 3. — THÉORIE DE M. PALMIERI

25. — L'illustre directeur de l'observatoire du Vésuve avait une théorie à lui; il l'a abandonnée pour embrasser, sans le dire, ou peut-être sans s'en apercevoir, la théorie de Volta, laquelle, selon lui, est la *seule* des théories qui soit fondée

[1] *La Lumière Électrique*, t. XXV, p. 74 (4 juillet 1887).

sur l'expérience parmi toutes celles que l'on s'est efforcé d'imaginer jusqu'à présent.

Fondé sur de longues séries d'observations faites à l'observatoire du Vésuve et à l'université de Naples, comparées avec celles d'autres observateurs, il a cru voir, dans la formation des nuages, ou pour mieux dire, dans la condensation des vapeurs d'eau, une source d'électricité positive. « Les fortes tensions électriques de l'atmosphère, dit-il [1], se manifestent avec la pluie, persistent avec la pluie et disparaissent avec elle suivant la loi que j'ai formulée dès 1854. D'après cela, j'ai cru pouvoir dire avec certitude que l'origine immédiate de l'électricité atmosphérique était due à la condensation des vapeurs, *ce qui, à ce qu'il paraît, avait déja été soupçonné par Alexandre Volta.* »

Il fit des expériences qui auraient confirmé sa manière de voir.

27. — Mais on lui objecta qu'il ne peut y avoir manifestation d'électricité positive sans qu'en même temps il ne se montre quelque part une quantité égale d'électricité négative, et que, par conséquent, sa théorie, telle qu'il l'a exposée d'abord, aurait été contraire au principe de la conservation de l'énergie.

Pour détruire à jamais cette objection, il chercha à découvrir dans l'eau qui se vaporise l'électricité négative qui correspond à la positive émise par les vapeurs qui se condensent. « Alors je soupçonnai, dit-il [2], que l'expérience de Volta, *refaite avec soin*, aurait pu dévoiler l'électricité négative du liquide d'où s'élève la vapeur, et cette expérience faite par moi, avec l'adresse requise (*col debito accorgimento*) a parfaitement réussi».

28. — Il se présente ici une question, débattue depuis un siècle et quart au moins, à savoir si l'évaporation de l'eau est accompagnée d'une décomposition électrique. Il paraît que cette question est bien hérissée de difficultés, car on trouve encore à présent d'habiles expérimentateurs, qui sont loin d'être d'accord. Il me semble qu'un peu d'histoire n'est pas hors de propos.

(2) *Rendiconto dell'Accad. delle Sc. di Napoli*, décembre 1885.

(2) *Appendice au Mémoire*, inséré dans le t. IV des *Memoria della Societa Italiana delle Scienze dei* XL.

Franklin [1] fut le premier qui essaya d'expliquer l'électricité atmosphérique en l'attribuant à l'évaporation de l'eau; mais n'ayant pas réussi à démontrer le fait fondamental, il ne donna pas beaucoup d'importance à son hypothèse. Il croyait que la condensation et la raréfaction de tous les corps étaient cause d'augmentation ou de diminution de tension électrique des corps eux-mêmes.

29. — Volta [2], partant de l'hypothèse que les corps, passant à l'état de fluides élastiques, doivent acquérir une capacité électrique plus grande que celle qui correspond à l'état solide ou liquide, et soupçonnant que l'électricité positive que l'on observe ordinairement dans l'atmosphère pouvait être due aux vapeurs qui, en grande quantité, se forment à la surface de la terre, essaya longtemps, mais inutilement de démontrer par l'expérience son principe. Mais une fois en possession de son condensateur, se trouvant à Paris, il communiqua ses idées à Lavoisier et à Laplace, qui conçurent avec lui, l'espoir de découvrir quelque chose de nouveau. Lavoisier fit aussitôt construire un grand condensateur avec le plan de marbre blanc. Les premières observations, faites dans une pièce trop étroite, selon leur manière de voir, ne réussirent pas. C'était en avril 1781. Plus tard, Laplace et Lavoisier répétèrent, dans une campagne de ce dernier, l'expérience avec succès; ce qui décida les trois savants à répéter et à multiplier les expériences.

L'évaporation de l'eau, la combustion du charbon et l'effervescence du fer dans l'huile de vitriol leur auraient donné des signes évidents d'électricité négative sur les lames métalliques isolées sur lesquelles on activait lesdites actions, ce qui signifie que les fluides qui montaient dans l'air emportait avec eux l'électricité positive. Mais si l'électricité obtenue par les effervescences, en général, était assez forte, et quelquefois donnait même des décharges avec étincelle, lorsqu'il s'agissait de l'évaporation de l'eau, elle était

(1) Luvini, *Sept études*, p. 146.

(2) Volta, *Opere*, 1816, t. I, 1re partie, p. 22 à 25 (*De vi attractiva ignis électrici ad Johannem Baptistam Beccariam*, Como, 18 avril 1769), et p. 270 à 277 (*Appendice au mémoire sur le condensateur*); Como, 18 avril 1769, t. I, 2e partie, *Lettres au professeur Lichtemberg de Gœttingen.*

très faible et avec des signes équivoques.

Volta a répété ces expériences à Londres avec Bennett, l'abbé Magellan, Cavallo, Kirwan, Walker, etc., et il paraît que l'évaporation de l'eau a donné de meilleurs résultats qu'à Paris.

30. — Volta recommandait de faire évaporer l'eau dans des vases à hautes parois, ce qui, selon lui, aurait augmenté le degré d'électrisation des vapeurs ; car il croyait que la vapeur, par la plus grande capacité électrique acquise dans sa formation, devait soustraire de l'électricité aux corps avec lesquels elle venait en contact, électricité qu'elle rendait latente, et qu'elle devait restituer lors de sa condensation en eau.

31. — La théorie de l'électricité atmosphérique était ainsi ébauchée. Les vapeurs élastiques, se condensant dans l'air, sont la cause immédiate de l'électricité atmosphérique à ciel serein, de l'électricité des nuages, des orages, des éruptions volcaniques, et même des aurores boréales, s'il est bien prouvé que ces dernières ne soient que des phénomènes d'électricité naturelle [1].

32. — Il essaya même de donner un peu de développement à cette theorie, chose que la plupart des inventeurs de nouvelles théories ne se sont pas donné la peine de faire. Il fit voir de quelle manière un nuage positif peut, par induction, électriser négativement un nuage qui se trouve dans la sphère de son activité, tandis que ce dernier peut électriser positivement un troisième nuage, et ainsi de suite. Une nuage peut même devenir négatif par l'évaporation de l'eau qu'il contient et par le passage de la vapeur nébuleuse et vésiculaire à l'état élastique. Naturellement, il considérait les nuages comme conducteurs de l'électricité.

« On voit alors, dit-il [2], les nuages homologues se repousser et ceux qui sont électrisés contrairement s'attirer, se déchirer et se réduire en morceaux ; voilà ces morceaux lancés tour à tour d'un nuage à un autre, et le fluide électrique se décharge sous forme invisible, porté par ces lambeaux oscillants et par les vapeurs interposées ou bien sous forme visible d'éclairs. »

(1) *Opere*, t. I, 2e partie, p. 427.

(2) *Opere*, t. I, 2e partie, p. 202 et 203.

33. — Mais il manquait à cette théorie un complément que Volta considérait comme nécessaire; c'était l'*experimentum crucis* [1] Il voulait s'assurer que réellement la vapeur, en se condensant, s'électrisait positivement.

Ayant rempli une chambre de vapeur d'eau, il y fit pénétrer une longue canne portant à son extrémité une flamme en communication avec l'électroscope, et il obtint des signes très sensibles d'électricité positive.

Bennett avait déjà fait une expérience semblable et avec le même résultat.

« Qui pourra encore douter, dit-il alors [2], après tant d'expériences, que l'électricité atmosphérique naturelle ne dérive pas, elle aussi, de la même source, ne soit pas engendrée par une cause identique, je veux dire, par les vapeurs qui s'élèvent? Qui voudra encore chercher d'autres causes, si celle, que j'ai proposée et démontrée avec toutes sortes de preuves, est trouvée suffisante ? »

Mais les expériences de de Saussure et d'autres physiciens, dont les résultats n'étaient pas bien d'accord avec les siens, les objections de de Luc et l'explication donnée par Tralles de l'électricité des grandes chutes d'eau, lui donnèrent beaucoup à penser. Il a répondu, c'est vrai, à ses contradicteurs, et Tralles et de Saussure se sont même rendus à ses raisonnements ; mais, en attendant, il entreprit une longue série d'expériences sur l'électricité du frottement des vapeurs avec les corps solides, et des poussières de toutes sortes avec l'air, et il était sur le point d'abandonner sa vieille théorie, pour embrasser celle du frottement ; mais y ayant plus mûrement réfléchi, il persista dans sa première idée.

« Enfin, que perdrait mon système sur l'origine de l'électricité atmosphérique, conclut-il [3], si les vapeurs, en s'élevant de terre, ôtaient à celle-ci le fluide électrique, non par leur plus grande *capacité*, mais par un *frottement* quelconque? La partie essentielle de ma découverte, qui affirme que l'électricité atmosphérique, toujours positive, est due au fluide électrique que les vapeurs por-

(1) *Opere*, t. I, 2e partie, p. 151 à 154.

(2) *Opere*, t. I, 2e partie, p. 156 et 157.

(3) *Opere*, t. I, 2e partie, p. 282 et 283.

tent aux couches d'air plus élevées aux dépens des plus basses et de la terre elle-même, ne cesserait pas d'être toujours vraie. »

35. — Sans m'arrêter à décrire les expériences de de Saussure [1], ni celles de Grotthus [2], dont les résultats sont contraires à ceux de Volta, j'ajouterai simplement que Pouillet [3], en 1825, n'ayant obtenu aucun signe d'électricité par l'évaporation de l'eau distillée, tandis que l'évaporation de l'eau contenant des sels ou des acides en solution donnait des vapeurs électrisées positivement ou négativement suivant les matières dissoutes, crut pouvoir expliquer les phénomènes, dont il s'agit, en les faisant dépendre des actions chimiques. Peltier [4] serait arrivé aux mêmes résultats.

Mais Urich [5], n'ayant obtenu aucun signe d'électricité par l'évaporation d'une solution de sel marin sur une feuille de platine, tandis qu'il observa des indices négatifs très prononcés par l'évaporation de cette solution dans un creuset profond du même métal, conclut que l'électricité n'était pas due aux actions chimiques, mais au frottement.

36. — Les expériences de Faraday [6] tranchèrent la question. Je n'ai pas besoin de décrire ici ces expériences ; car tous les physiciens savent que leur auteur a démontré jusqu'à l'évidence que l'électricité, dans la machine hydro-électrique, est engendrée par le frottement de l'eau contre les tuyaux de sortie de la vapeur.

Je prie le professeur Palmieri et ses adhérents d'expliquer de quelle manière ils interprêtent, d'après leur système, les résultats suivants de Faraday.

1° La tension électrique de la chaudière, à toutes choses égales d'ailleurs, change avec la nature des tuyaux d'émission.

2° Avec des tuyaux trop chauds toute électrisation cesse.

3° Avec la vapeur sèche ou surchauffée il est impossible d'obtenir aucune trace d'électricité.

4° Ouvrant de plus en plus la soupape, la quantité de la vapeur qui se forme augmente et les effets électriques diminuent.

Il ne s'agit pas ici d'expériences faites sur une petite échelle ; la vapeur sort de la machine par torrents, et si l'évaporation était accompagnée de la décomposition électrique que M. Palmieri croit avoir démontrée, on comprendra facilement que les faits, que je viens de citer, seraient impossibles.

37. — Le professeur Palmieri, avec l'habileté qu'on lui connaît, a fait un grand nombre d'expériences par lesquelles il croit avoir fondé sur une base inébranlable la théorie de l'électricité atmosphérique qu'il défend. Selon lui, il aurait démontré que, dans l'évaporation de l'eau, les vapeurs qui se forment se chargent d'électricité positive, tandis que l'eau s'électrise négativement ; et dans la condensation de la vapeur en eau, l'électricité acquise dans sa formation, se *manifeste* avec toute son énergie.

Je pourrais opposer aux expériences de M. Palmieri les expériences aussi habilement conduites que les siennes, de MM. Kalischer, Blake, Franco Magrini, etc. Mais cela n'est pas nécessaire ; car je trouve dans les expériences mêmes de M. Palmieri la condamnation la plus absolue de sa théorie.

38. — En effet, la quantité et la tension de l'électricité développée (par hypothèse) dans l'évaporation de quelques dizaines de grammes d'eau, ou dans la condensation de quelques dizaines de grammes de vapeur sont tellement petites, qu'il faut employer les instruments les plus délicats pour les rendre sensibles.

Comment peut-on expliquer, avec une source si faible d'électricité, les grandioses effets des nuages orageux ? On nous répond : rien de plus facile ; car on sait que si n sphères égales et conductrices, électrisées au potentiel 1, se réunissent

(1) *Voyage dans les Alpes*, t. 2, p. 251 et 277.

(2) *Journal de Schweiger*, 1810, t. IX, p. 221, cité par Alb. Mousson, *arch. des Sc. Phys.*, 1827, t. IV, 1847.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 1827, t. 35, p. 10 et t. 36, p. 5.

(4) *Annales de Chimie et de Physique*. 1870, t. 75, p. 330 et Alb. Mousson, *Loc. cit.*

(5) *Annales de Pogg.*, 1846, t. 69, p. 286, et Alb. Mousson, *Loc. cit.*

(6) *Phil. Trans. of the R. Soc. of London*, 1843, 1e partie, p. 29, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. X, p. 101, 1844.

sans aucune perte d'électricité, en une sphère unique de volume égal à la somme de leurs volumes, le potentiel de cette dernière sera exprimé par $\sqrt[3]{n}$.

Maintenant, une goutte de pluie peut être formée par la réunion de plusieurs millions de particules vaporeuses. Soit mille millions; la goutte d'eau aurait un potentiel mille fois plus grand que celui de chaque particule de vapeur. On comprendra, d'après cela, qu'une cnarge électrique, insignifiante dans chaque particule de vapeur, peut devenir formidable dans la masse d'eau résultant de la réunion de ces particules.

39. — Rien de plus juste; mais les expériences font voir que la charge des particules est tellement minime que, même en réunissant ces dernières en un nuage d'eau de plusieurs dizaines de grammes, elle est encore insignifiante; tellement insignifiante, qu'il faut employer les instruments les plus délicats pour la rendre sensible, et encore est-il douteux qu'elle existe réellement.

Pourtant, en prenant pour base les résultats des expériences du professeur Palmieri, on en conclurait tout au plus, que les plus grosses gouttes de pluie recevraient dans leur formation une charge insignifiante d'électricité. Je trouve bien difficile d'expliquer de quelle manière des charges si petites peuvent donner lieu aux décharges épouvantables des orages.

40. — Ceux qui, malgré les démonstrations contraires, admettent encore que l'air humide et les nuages sont conducteurs de l'électricité, ont beau jeu pour se tirer de cette difficulté.

L'électricité de toute la masse vaporeuse, formant le nuage, se porte à la surface de ce dernier, de sorte qu'on ne doit pas considérer simplement la réunion des particules de vapeur qui entrent dans la formation d'une goutte d'eau, mais celles des particules qui constituent le nuage entier. Or on comprend de cette manière que le potentiel de ce dernier peut devenir des millions de millions de fois plus grand que celui de chaque goutte de pluie.

C'est dans ce sens que quelqu'un a dit que pour résoudre la question de l'électricité engendrée par l'évaporation de l'eau, il faudrait expérimenter sur des masses d'eau énormes.

Mais le professeur Palmieri ne peut pas admettre cette manière de raisonner. Il avait déjà reconnu depuis longtemps [1] que l'air, même humide, est le meilleur des isolateurs, mais il paraît qu'il n'a jamais osé le déclarer ouvertement. Il a attendu ma note de 1886 sur ce sujet, pour dire que : « cette vérité, qui avait l'apparence d'une erreur, a été plus tard démontrée par Marangoni, Agostini, Gaugain, Melsens, Thomson et récemment même par Luvini. »

Après cette déclaration il ne lui reste plus que cette alternative : ou démontrer que l'évaporation d'un gramme d'eau et la condensation d'un gramme de vapeur produisent une quantité d'électricité, telle qu'on en puisse tirer des étincelles, ou renoncer à la théorie de l'électrisation des nuages.

41. — Dans l'hypothèse que l'illustre professeur opte pour la première partie de l'alternative proposée, alors je lui demanderai:

1° De quelle manière explique-t-il, dans son système, les décharges dans un nuage isolé (n° 1).

2° S'il persiste à admettre l'induction électrique des nuages, et des espaces environnants, à la manière de Beccaria et de Volta, ou s'il accepte l'explication que j'ai donnée au n° 6.

3° Dans de dernier cas, je lui demanderai ce qu'il en sera de l'état électrique de ses zones concentriques environnant un nuage qui se résoud en pluie.

4° La masse totale de l'électricité d'un nuage n'est pas plus grande pendant la condensation des vapeurs, qu'avant cette condensation.

Il reste à expliquer par quelle raison nos instruments électriques donnent des indications différentes avant et pendant cette condensation, avant et pendant la formation de la pluie (je ne dis pas la chute).

5° Comment se fait-il que la pluie, résultant de la condensation des vapeurs positives, soit négative ?

6° De quelle manière peut-on expliquer l'ab-

[1] Note présentée par L. Palmieri à la séance du 5 février 1887, à l'Académie des Sciences de Naples.

sence d'éclairs et de tonnerre dans les longues pluies, et même dans un grand nombre d'averses torrentielles et de courte durée ?

7° Pourquoi n'y a-t-il aucun nuage orageux de quelque importance, sans qu'il ne soit accompagné de forts courants d'air et de tourbillons qui le plus souvent se propagent jusqu'au sol ?

§ 4. — Conclusion

42. — Voici, par ordre, les propositions principales que je crois avoir solidement démontrées dans les trois paragraphes qui précèdent.

1° Un nuage est composé d'un nombre immense de particules plus ou moins conductrices de l'électricité, chacune desquelles est environnée par l'air qui l'isole parfaitement de toutes les autres.

2° La définition que l'on donne ordinairement de la foudre en disant qu'elle n'est qu'une décharge électrique entre deux nuages ou entre un nuage et la terre, n'est pas complète. Le plus souvent elle éclate dans un nuage sans sortir de son sein.

3° Si les particules d'un nuage sont chargées de la même espèce d'électricité, le nuage peut foudroyer un autre uuage ou la terre; mais la décharge électrique ne se fait pas par un transport en masse de l'électricité du nuage sur l'autre nuage ou sur la terre ; elle a lieu par une série presque instantanée de décharges entre toutes les parcelles conductrices qui flottent dans l'air entre le nuage orageux et le corps sur lequel on dit que la foudre est tombée.

4° Comme le plus souvent l'éclair sillonne le sein du nuage sans en sortir, on doit en conclure que la cause de l'électrisation du nuage est dans le nuage lui même et qu'une partie des particules conductrices qui le composent, est électrisée positivement et l'autre partie négativement.

Dans ce cas, comme dans le précédent, l'éclair est l'effet d'un nombre immense de décharges entre ces particules.

5° Un nuage ne peut pas s'électriser par induction à la manière d'un corps conducteur. L'induction produit séparément son effet sur chaque parcelle conductrice du nuage.

6° Dans l'*induction unipolaire* du professeur Edlund il n'y a ni *unipolarité, ni induction*. L'auteur a confondu l'*action électrodynamique* des courants, en vertu de laquelle ils s'attirent ou se repoussent, avec l'*induction magnéto-électrique* : et s'appuyant sur cette base fautive, à l'aide de plusieurs hypothèses parfois contradictoires, il a bâti une théorie séduisante et qui a pu tromper plusieurs savants.

7° L'explication de l'électricité atmosphérique et des aurores polaires de M. Edlund manque de tout fondement.

8° Les expériences, surtout celles de Faraday, sont contraires à la théorie du professeur Palmieri, ou, pour mieux dire de Volta, sur l'origine de l'électricité atmosphérique.

9° Même en admettant que les résultats des expériences de M. Palmieri soient dus au changement d'état de l'eau et de la vapeur, la quantité d'électricité qu'il aurait observée est loin de suffire à l'explication des effets électriques d'un nuage orageux.

10° Dans cette théorie il est impossible d'expliquer tous les phénomènes observés.

Dans cette note je n'ai pas parlé des théories qui font dépendre les phénomènes électro-atmosphériques de l'électricité cosmique, ou de l'électricité propre, négative de la terre, ou positive de l'air. Ces théories, qui sont presque oubliées, n'ont pas été assez développées par leurs auteurs pour qu'on puisse les discuter.

Je ne parlerai pas non plus de la théorie du contact, qui fait dépendre l'électricité de l'air du contact de l'air lui-même avec les particules d'eau ou de vapeur répandues dans l'atmosphère. Ces particules s'électriseraient comme le zinc en contact avec le cuivre. Cette électrisation donnerait une tension trop petite ; mais on a admis [1] que les particules minimes, électrisées de

[1] *Thunderstorms*, lecture faite dans la City Hall à Glascow, le 29 janvier 1880 par le professeur Tait, p. 26.

cette manière, se réunissant par millions de millions pour former une goutte d'eau, donneront à cette dernière la tension électrique nécessaire pour produire les effets que nous observons dans les orages.

Mais on n'a pas remarqué que les gouttes d'eau qui sont ainsi formées, sont toujours en contact avec l'air, et que leur potentiel ne peut pas dépasser celui qui est dû à ce contact, comme le potentiel du zinc en contact avec le cuivre n'augmente pas en faisant croître la surface ou en changeant la forme du zinc.

44. — Mais il y a une théorie que je ne dois pas passer sous silence. C'est celle du frottement. J'en parlerai dans une troisième Note.

Étudiant inconnu, j'ai osé discuter, un peu trop librement peut-être, les travaux de savants éminents, connus de tout le monde. Je déclare, malgré cela, que je reconnais, plus que personne peut-être, leurs mérites et les véritables services qu'ils ont rendus à la science. Ma considération, je dirai, mon admiration, pour eux n'a en rien diminué. Mais je crois avoir fait mon devoir en combattant des théories qui peuvent entraver les progrès de la science.

S'ils croient que je me trompe, je ne demande pas mieux que d'être éclairé; mais s'ils reconnaissent, avec moi, la justesse de mes raisonnements, j'espère qu'ils ne feront aucune difficulté d'abandonner généreusement leurs opinions en faveur de la science. Ils ont un trop grand nombre de titres de gloire, pour se croire diminués par cela.

J. Luvini

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Relation entre l'effet Peltier et la différence de potentiel entre deux métaux, par M. Duhem (1).

Jusqu'à présent, on n'a pas réussi à trouver la relation qui relie la force électromotrice de contact de deux métaux, et le coefficient par lequel il faut multiplier la quantité d'électricité pour avoir la chaleur dégagée au contact, et qui constitue l'effet ou le phénomène de Peltier.

On a souvent supposé qu'il y avait proportionnalité entre ces deux constantes, pour les différents couples; l'expérience, et en particulier les études de M. Pellat, ont montré qu'il n'en était pas ainsi.

Sir W. Thomson a montré comment l'effet Peltier et l'effet analogue qui se produit entre deux parties inégalement chaudes d'un même métal se reliaient aux forces électromotrices thermo-électriques.

L'auteur s'est proposé de montrer comment les principes du potentiel thermo-dynamique, dont il a étudié l'application aux deux phénomènes précités (1), permettent de découvrir une relation entre l'effet Peltier et la différence de potentiel entre deux métaux.

Soit deux métaux A et B, à la température T, si l'on désigne par Φ le potentiel thermodynamique du système sous la pression constante P, par σ son volume, par U et S l'énergie interne et l'entropie qu'il posséderait s'il était à l'état neutre, par W son potentiel électrostatique, par Θ_A et Θ_B deux quantités relatives à chacun des deux métaux, par Q_A et Q_B les charges réparties respectivement sur chacun d'eux, par E l'équivalent mécanique de la chaleur, on a

$$\Phi = E(U - TS) + P\sigma = W + \Theta_A Q_A + \Theta_B Q_B \quad (1)$$

Soient V_A et V_B les potentiels des deux métaux; ε une constante égale à 1 dans le système électrostatique. Lorsque l'électricité est en équilibre, on a

$$D = V_B - V_A = \frac{1}{\varepsilon}(\Theta_A - \Theta_B \quad (2)$$

Soit Σ l'entropie du système. On a

$$E\,T\,\Sigma = E\,T\,S + H_A Q_A + H_B Q_B \quad (3)$$

H_A et H_B étant des constantes spécifiques des deux métaux comme Θ_A et Θ_B.

Lorsque la charge Q_B croît de $d\,Q_B$ aux dépens

(1) D'après les Comptes-Rendus, v. CIV, p. 1606, 6 juin 1887.

(1) Voir « *Applications de la Thermodynamique aux phénomènes thermo-électriques,* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. II, p. 405; 1885), et *Le potentiel thermodynamique et ses applications*, Ire Partie, Chap. I. »

de Q_A, le dégagement de chaleur produit, en vertu du phénomène de Peltier, a pour valeur

$$L\, d\, Q_B = A\,(H_A - H_B)\, d\, Q_B \qquad (4)$$

$A = 1/E$ étant l'équivalent calorifique du travail.

Mais, d'autre part, M. Massieu a donné la relation

$$\frac{d\,\Phi}{d\,T} = -E\,\Sigma$$

qui, en vertu de l'égalité (1) et de l'égalité

$$T\frac{d\,S}{d\,T} = \frac{d\,U}{d\,T} + P\frac{d\,\sigma}{d\,T}$$

donne

$$\Sigma = S - A\left(Q_A\,\frac{d\,\Theta_A}{d\,T} + Q_B\,\frac{d\,\Theta_B}{d\,T}\right) \qquad (5)$$

La comparaison des égalités (3) et (5) donne

$$H_A = -T\,\frac{d\,\Theta_A}{d\,T} \qquad H_B = -T\,\frac{d\,\Theta_B}{d\,T} \qquad (6)$$

L'égalité (4) devient alors, en vertu de l'égalité (2),

$$L = -A\,\varepsilon\,T\,\frac{d\,D}{d\,T} \qquad (7)$$

On a donc établi cette loi :

« *Le Coefficient de l'effet Peltier est proportionnel au produit de la température absolue et de la dérivée de la différence de potentiel par rapport à la température.* »

Dans le cas particulier, étudié par M. Clausius, où L est proportionnel à T, il en est de même de D, et l'on retrouve la relation admise autrefois comme générale

$$L = -A\,\varepsilon\,D$$

Si les deux métaux A et B forment un couple dont les deux soudures ont les températures T_0 et T_1, la force électromotrice de ce couple a pour valeur, d'après la théorie de Sir W. Thomson.

$$\mathcal{E} = \int_{T_0}^{T} \frac{H_A(T) - H_B(T)}{T}\, d\,T$$

D'après les égalités (2) et (6), cette formule devient

$$\mathcal{E} = -\varepsilon\,[D\,(T_1) - (T_0)] \qquad (8)$$

Ce qui donne la loi :

La force électromotrice d'un couple thermo-électrique est égale (dans le système électrostatique) à l'excès de la différence de potentiel des métaux à la soudure froide, sur la différence de potentiel à la soudure chaude.

E. M.

Action d'un champ électrostatique sur un courant variable, par M. Vaschy [1]

Lorsque l'intensité d'un champ magnétique vient à varier, un conducteur fermé, placé dans ce champ est traversé par des courants induits, et, d'une manière générale, en chaque point de l'espace prend naissance une force électrique (ou force électromotrice induite par unité de longueur) que l'on sait calculer. En d'autres termes, les variations du champ magnétique développent un véritable champ électrostatique qui doit exercer une action mécanique sur les corps électrisés. En vertu du principe de l'égalité de l'action de la réaction, ceux-ci doivent réagir sur les aimants ou les courants *variables* auxquels est dû le champ magnétique.

Considérons, par exemple, un aimant infiniment court dont le moment $\mathfrak{M}$ varie de $d\mathfrak{M}$ dans le temps dt. La force électrique E induite par cette variation en un point situé à la distance r est, comme on sait, perpendiculaire au plan du rayon vecteur r et de la direction $d\mathfrak{M}$ et égale à

$$E = \frac{d\,\mathfrak{M}}{d\,t}\,\frac{\sin\theta}{r^2}$$

θ désignant l'angle du rayon r et de la direction $d\mathfrak{M}$. Si, au point où existe cette force électrique, se trouve une charge q d'électricité elle subit une force mécanique égale à

$$F = E\,q = \frac{q}{r^2}\,\frac{d\,\mathfrak{M}}{d\,t}\sin\theta = \frac{1}{k}\,f\,\frac{d\,\mathfrak{M}}{d\,t}\sin\theta$$

f désignant la force électrostatique kq/r^2 développée par la charge q au point où se trouve l'aimant $\mathfrak{M}$.

Cette force F, prise en sens contraire, n'est autre chose que la réaction du champ électrosta-

[1] Voir *Comptes Rendus*, t. CIV, p. 1609, 6 juin 1887.

tique dû à q sur l'aimant variable. Elle est perpendiculaire au plan des directions f et $d\mathfrak{M}/dt$, et égale, au facteur $1/k$ près, à l'aire du parallélogramme construit sur f et $d\mathfrak{M}/dt$ comme côtés. Elle s'obtient donc par la même règle que l'action d'une force magnétique f sur un élément de courant i de longueur ds dirigé suivant $d\mathfrak{M}/dt$ et tel que l'on ait $ids = d\mathfrak{M}/dt$. Seulement, pour un observateur placé le loug de $d\mathfrak{M}/dt$ et regardant dans le sens de f, la poussée F a lieu vers sa droite, tandis que la poussée sur le courant ids aurait lieu vers sa gauche. Si, au lieu d'une seule charge q, on en avait un nombre quelconque, f désignant la force électrostatique résultante, la force mécanique F serait encore donnée par la même règle.

Remplaçons l'aimant par un courant équivalent, c'est-à-dire tel que l'on ait $\mathfrak{M} = Si/k'$, S désignant la surface embrassée par le courant et k' le coefficient de la formule fondamentale de magnétisme (analogue à k). On voit que l'action exercée par le champ électrostatique sur le courant, lorsque l'intensité i varie, est donnée par la formule

$$F = \frac{1}{kk'} f S \frac{di}{dt} \sin\theta$$

Elle est normale à f ainsi qu'à l'axe du courant, et, par suite, est située dans le plan du courant i.

Le produit kk' est, quel que soit le système d'unités adopté, le carré d'une vitesse a, dont la valeur numérique est, dans le cas de l'air, 3×10^{10} centimètres par seconde. Si donc on suppose la force f parallèle au plan du courant ($\theta = \pi/2$), l'impulsion totale subie par le circuit lorsque l'intensité croît de o à i, est

$$\int F\,dt = \frac{1}{a^2} f S i$$

Pour un sélénoïde droit, de longueur l, contenant N spires par unité de longueur, l'action serait multipliée par Nl.

Dans le cas où le champ électrostatique serait celui qui existe entre deux plateaux parallèles, situés à la distance e et chargés à la différence de potentiel V, on aurait

$$f = \frac{V}{e} \qquad \text{et} \qquad \int F\,dt = \frac{V N l S i}{a^2 e}$$

On peut donc se rendre compte de la grandeur de cette impulsion ; elle est, en général, très minime, comme on peut s'en convaincre par des exemples numériques.

D'après ce que nous venons de voir, lorsque deux courants variables i et i' se trouvent en présence, les variations de l'un donnent naissance à un champ électrostatique qui agit sur l'autre. Ainsi deux solénoïdes fermés, qui n'agissent pas l'un sur l'autre lorsque les courants sont fixes, s'influenceront dans l'état variable. Cette action est d'ailleurs excessivement faible. On peut la calculer exactement comme l'on calcule l'action de deux courants l'un sur l'autre. Par exemple, un sélénoïde de section S_1, contenant N_1 spires par une unité de longueur, équivaut à un aimant dont le moment est $N_1 S_1 i_1/k'$ par unité de longueur : soit $N_1 S_1 i_1\, ds/k' = \mathfrak{M}$ pour une longueur ds ; et l'action de cet aimant se calculant comme celle d'un élément de courant $ids = di\mathfrak{M}/dt$, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'action réciproque de deux solénoïdes ($N_1 S_1 i_1, N_2 S_2 i_2$) se calculera comme celle de deux courants, d'intensités ($N_1 S_1/k'$) (di_1/dt) et ($N_2 S_2/k'$) (di_2/dt), qui circuleraient le long des axes des solénoïdes.

En ce qui concerne l'action réciproque de deux aimants ou courants variables, M. O. Hertz avait émis déjà l'opiniou que deux solénoïdes fermés doivent agir pendant la période variable (*Wiedmann's Annalen* et *Journal de Physique*, p. 482 ; 1885).

La nouvelle machine dynamo de la maison Siemens et Halske.

La maison dont les divers travaux sur les machines dynamos constituent une des sources les plus précieuses pour l'étude de celles-ci, n'est pas restée en dehors du remarquable mouvement d'idées, qui a signalé l'année dernière, et elle vient de mettre au jour un type de machine qui satisfait à toutes les exigeances de la théorie.

Le problème qu'on s'était proposé était d'éviter le plus possible, les pertes de ligne de force, tout en diminuant les parties inutiles de fer, et il est remarquable que les ingénieurs de M. Siemens se soient rencontrés avec ceux de la maison Ganz et Cie, comme on pourra le voir, en comparant la machine que nous allons décrire avec celle de cette dernière maison, (voir *La Lumière Electrique*, vol. XXIV, p. 182, 1887).

Comme on le voit par les figures 1 et 2, la dynamo en question est une machine à quatre pôles à anneau, avec inducteurs intérieurs fixes. Ceux-ci sont de fonte et font corps avec l'un des paliers ; l'anneau extérieur, et par suite de grande dimension, est formé comme à l'ordinaire de tôles réunies par des boulons à une étoile montée sur l'arbre, il est ainsi en porte à faux.

Les balais sont au nombre de quatre ; quoiqu'il soit possible au moyen de connexions particulières de les ramener à deux, on a préféré employer les connexions ordinaires, au moins pour les machines à quatre pôles.

Quels sont les avantages d'un semblable dispositif ?

En premier lieu on voit, qu'on réalise parfaitement les conditions indiquées en commençant ; mais cette disposition présente en outre d'autres avantages, d'ordres électrique et mécanique.

Les premiers sont ceux qui dérivent de la disposition multipolaire ; on arrive facilement à la force électromotrice voulue avec un nombre de tours par minute très restreint, c'est du reste l'avantage général présenté par les machines à anneaux, sur les machines à tambours, et en particulier par celles à inducteurs intérieurs, dans les-

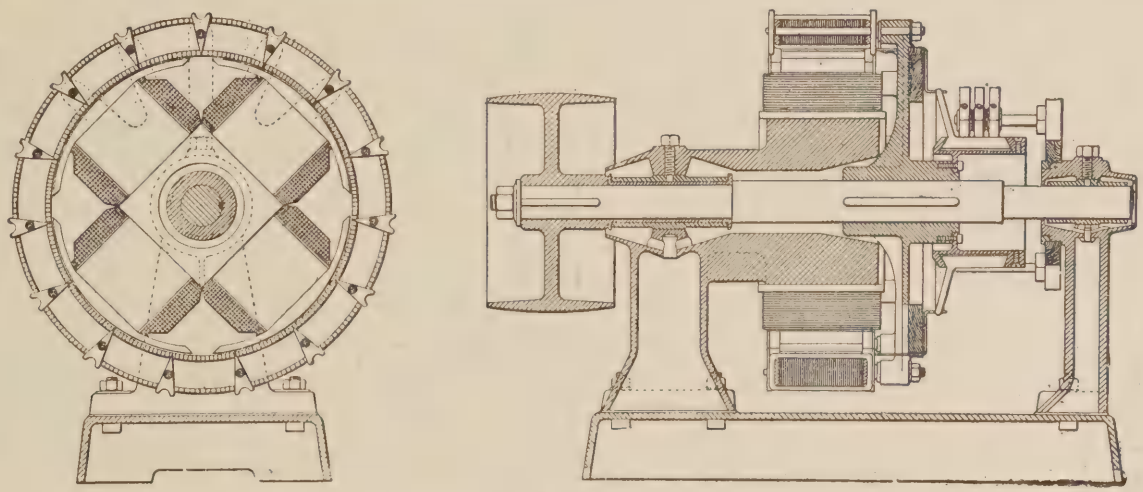


Fig. 1 et 2

quelles on tend à exagérer les dimensions de l'anneau.

Dans les machines que nous considérons, cette vitesse peut varier de 350 à 450 tours, ce qui permet un couplage direct de la dynamo avec un moteur à vapeur à grande vitesse.

Enfin le refroidissement de l'anneau est assuré d'une manière aussi parfaite que possible.

Comme avantages mécaniques, le plus important est le sectionnement pratique de l'armature ; il est possible de former celle-ci de parties entièrement séparées et de les changer en cas d'accident ; de plus la machine entière est facilement démontable, en particulier, dans le cas de couplage direct qui est représenté par la figure 3.

Comme on le voit, on a supprimé ici tous les accessoires, plaques de fondation, paliers, etc. ; l'armature est montée en porte à faux sur l'extrémité de l'arbre du moteur, ce qui supprime le manchon d'accouplement indispensable dans la commande directe ordinaire ; les électros et porte-balais sont alors fixés au bâti même de la machine à vapeur. On a ainsi une diminution très appréciable du poids total.

Ce dernier, qui, pour un certain type était de 1200 kilogrammes a été réduit à 900 par cette disposition. Sur ce poids le cuivre compte pour 146 kilogrammes.

Cette machine donnait à 350 tours 16000 watts, et 25000 à 480 tours par minute.

Cette dernière charge est un peu trop forte et il ne faudrait pas admettre plus de 20000 watts, ce qui ferait 44,4 kilog. par cheval électrique, M. v. Hefner-Alteneck, à qui nous empruntons ces chiffres, (1) admet que ce résultat est d'environ 1/3 plus élevé que ceux que donnent les bonnes

(1) Voir *Elektro-technische Zeitschrift*, v. IV, avril 1887.

machines d'autres systèmes, de puissance égale.

Nous pouvons rappeler ici que MM. Ganz et Cie attribuaient à une machine pesant 690 kilog. une puissance de 52000 watts, soit un poids de 10 kilog. par cheval électrique (1), mais pour notre part, ce dernier chiffre mérite confirmation; il ne peut s'expliquer que par la vitesse excessive de 1000 tours donnée à l'anneau et qui doit être très supérieure à celle que la machine peut pratiquement supporter.

Dans les machines de ce genre, il convient de diminuer autant que possible le nombre de tours de fil sur l'armature, et on pourra être amené à n'en mettre qu'une seule couche pour réduire la

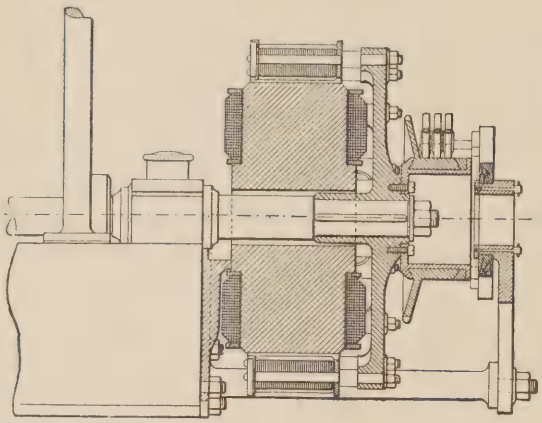


Fig 3

réaction de l'induit, car le point faible de cette disposition est évidemment le manque de place pour le fil inducteur et l'augmentation relative de la masse du fer de l'induit par rapport à celle des électros; c'est du reste ce qui n'a pas manqué de frapper les ingénieurs qui se sont occupés de ce type.

Une chose qu'on remarquera sans doute en étudiant la figure 1, c'est le développement excessif donné aux pièces polaires, et M. v. Alteneck a même insisté là-dessus, en faisant remarquer une soi-disant différence entre ce cas et celui des machines bipolaires ordinaires, et en niant la possibilité d'établir des règles générales ou un mode de calcul des masses de fer d'une machine.

Cette dernière assertion ne nous étonne qu'à demi, de la part d'un collaborateur du Dr Frœlich.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXIV, p. 182.

Nous croyons bien volontiers que malgré ce développement anormal, on ait pu avec des soins particuliers, éviter les étincelles aux balais, mais par contre, nous nous refusons à admettre, (si le dessin est correct bien entendu) que l'on perde quoi que ce soit en coupant une bonne moitié de ces épanouissements.

La machine qui se rapproche le plus de ce nouveau type, c'est l'ancienne machine Gramme à courants alternatifs, qui date de 1876, mais personne n'avait encore appliqué cette disposition aux courants continus, et pour le faire, MM. Siemens et Ganz ont cru devoir fixer l'inducteur intérieur et faire tourner l'anneau comme pour les machines à anneau intérieur.

Qu'est-ce qui les a empêchés d'utiliser jusqu'au bout les avantages de cette disposition? En faisant tourner ces inducteurs massifs, rien n'empêcherait d'arriver aux 1000 tours indiqués par M. Ganz. Il est vrai que dans ce cas le commutateur serait fixe et les balais mobiles (Ayrton et Perry) ce qui obligerait d'ajouter une paire de balais auxiliaires frottant sur anneaux continus. Les deux maisons précitées ont-elles essayé un type pareil, nous ne le savons, mais par contre, nous sommes en mesure de dire, qu'une disposition pareille fait l'objet d'un brevet français pris récemment par l'un de nos collaborateurs. (1)

E. M.

Essais faits en Belgique sur les conducteurs en cuivre (2).

L'administration belge a fait établir, à titre d'essai, entre Anvers et Bruxelles (44 kilomètres), deux fils de bronze, dans l'été de 1883, c'est-à-dire antérieurement à toute décision sur la mise en pratique du système anti-inducteur de van Rysselberghe, et bien longtemps avant la publication des recherches du professeur Hughes sur la self-induction; l'essai fut continué en 1884 sur une longueur de 39 kilomètres, à l'occasion de la pose d'un nouveau conducteur du service franco-belge; une ligne aérienne nouvelle de 11 fils,

(1) (Janvier 1887), MM. Rechniewski et Teissonnière.

(2) Extrait d'une communication de M. J. Banneux, à la Société belge d'électriciens, 1886 (*Annales télégraphiques*, v. XIV, mars-avril 1887).

partie en bronze phosphoreux, partie en cuivre dur, vient d'être achevée entre Schaerbeek et Louvain, sur une distance de 26 kilomètres environ ; enfin deux autres fils de haute conductibilité, d'un développemont de plus de 80 kilomètres, et destinés à la correspondance téléphonique Bruxelles-Verviers, ont pris dernièrement la place, entre Louvain et Tirlemont et entre Liège et Verviers, de conducteurs en fer du service télégraphique belge-allemand. En y ajoutant une série de petites lignes établies surtout dans les villes, on compte aujourd'hui, dans le réseau de l'État, 440 kilomètres de fils de bronze phosphoreux et 150 kilomètres de fils de cuivre dur.

Voici quelques résultats de mesures faites par l'administration belge sur les fournitures de fils de bronze de l'usine d'Anderlecht :

Voici un nouveau produit d'une faible résistance sous un petit diamètre, d'une légèreté très avantageuse à tous égards et d'une tenacité que l'on peut, à volonté, selon les conditions spéciales à remplir, rendre égale à celle du meilleur acier (80 kilogrammes par millimètre carré) ou même, pour une conductibilité de 98 o/o, supérieure à celle du bon fer recuit au bois (40 kilogrammes). L'usine d'Anderlecht est parvenue à livrer couramment des tréfilés de bronze d'une grande régularité de fabrication; elle ne laisse sortir aucun rouleau sans l'avoir soigneusement soumis à toutes les épreuves mécaniques et électriques désirables ; on nous promet, d'autre part, pour ces fils, une durée de beaucoup supérieure à celle du fer et de l'acier galvanisé. Il y a là un ensemble de qualités et de garanties extrêmement favora-

Nombre d'échantillons	Diamètre mesuré		Poids de 1 kilomètre		Conductibilité p. 100 du cuivre pur		Charge totale de rupture		Allongement p. 100	
	limites	moyenne	limites	moyenne	limites	moyenne	limites	moyenne	limites	moyenne
a) Fil de 1,40 m, m. de diamètre, pour réseaux téléphoniques locaux, devant présenter, d'après le contrat, une résistance minima de 75 kilog. par millim. carré à la rupture et une conductibilité minima de 30 p. 100.										
	millimètre	millim.	kilogramme	kilog.			kilogramme	kilog.		
34	1,40 — 1,47	1,427	14,061—15,284	14,376	20,13 — 31,9	30,647				
19	»	»	»	»	»	»	140 à 150	144,26		
28	»	»	»	»	»	»	»	»	1,3 à 2,3	1,63
Densité à 0° C = 8,92; coefficient de variation de résistance par degré centigrade : 0,0012.										
b) Fil de 1,60 m.m. de diamètre; minima : 95 p. 100 de conductibilité et 45 kilogr. par millim. carré.										
29	1,58 — 1,63	1,60								
25	»	»	15,489—18,613	17,650						
27	»	»	»	»	95,80 — 99,40	98,04				
31	»	»	»	»	»	»	03,01 à 102,76	95,088		
30	»	»	»	»	»	»	»	»	1 — 1,67	1,36
Densité à 0° C : 8,92; coefficient de variation de résistance par degré centigrade : 0,0034.										
c) Fil de 2 millim. de diamètre, minima : 95 p. 100 de conductibilité et 45 kilog. par millim. carré.										
8	1,99 — 2,05	2,016	27,743—29,441	28,475	96,30 — 99,25	97	148,89—156,38	151,60	1,04 — 2,18	1,55

bles à un emploi étendu du bronze phosphoreux et une justification de la préférence que lui accordent tous nos concessionnaires de réseaux téléphoniques; j'ajouterai que l'administration des télégraphes a adopté cet alliage pour le réseau téléphonique actuellement en construction à Ostende.

Mais la différence des prix du bronze et du fer galvanisé est assez notable pour qu'une grande administration ne proscrive pas *hic et nunc*, le fer d'une façon absolue. En réalité, le coût d'un tréfilé de bronze de 1,40 m. m., par exemple, est de près de 50 o/o plus élevé aujourd'hui que celui d'un fil de fer galvanisé de 4 millimètres d'égale résistance électrique. Au point de vue des charges annuelles d'exploitation, la question revient à savoir quelle doit être la durée du bronze, encore inconnue, qui égalise les annuités, la durée du fer galvanisé de 4 millimètres pouvant être fixée à 25 ans. L'écart des prix s'abaisse notablement et est susceptible de disparaître si l'on envisage le coût de l'établissement d'une ligne nouvelle, où l'on est maître, à raison de la légèreté et de la tenacité du bronze, de diminuer le nombre et la

solidité des points d'appui, et, par conséquent, la dépense en matériaux, en transports et main-d'œuvre. Dans le cas de lignes télégraphiques à construire le long des chemins de fer, les portées doivent être généralement inférieures à celles auxquelles la résistance mécanique des fils se prête, à cause de l'obligation où l'on est de régler la flèche maxima pour un certain écartement du gabarit des wagons chargés et sur l'espace libre au-dessus du sol.

Le cuivre à l'état recuit, employé au début de la télégraphie et abandonné pour le fer à cause de son haut prix et de sa faible tenacité (28 à 30 kilogrammes par millimètre carré) a retrouvé, dans ces derniers temps une nouvelle faveur, grâce à la profonde dépréciation des cours et à l'augmentation de résistance qu'il offre lorsqu'il est étiré dur.

Son prix actuel se compare très favorablement avec celui du fer galvanisé de même résistance électrique. Quant à ses qualités d'emploi, une expérience suffisamment prolongée peut seule décider de sa valeur relative comme matériel de construction de ligne et conducteur de courants.

Des échantillons tirés d'une fourniture de provenance anglaise ont donné les résultats suivants :

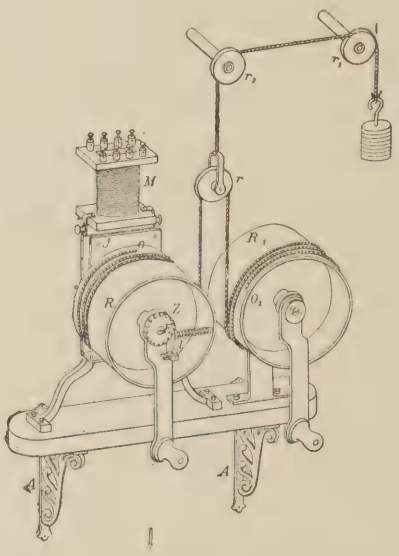
Fil de 2,057 m. m. de diamètre : poids moyen du kilomètre, 29,702 kilogr.; variant de 29,588 à 29,875 kilogr. ; conductibilité moyenne : 96,49 o/o entre les limites de 92,8 à 98,02 ; résistance à la rupture par millimètre carré : 41,75 kilogr., variant entre 40,87 et 42,23 kilogr.

Modification de l'inducteur à courant sinusoïdal de F. Kohlrausch, par M. Pfeiffer.

On sait que M. Kohlrausch a donné pour déterminer la résistance des liquides, une méthode qui permet d'éviter les effets perturbateurs de la polarisation en employant des courants alternatifs. La disposition générale est celle du pont de Wheatstone, le galvanomètre étant remplacé soit par un électrodynanomètre, soit par un téléphone, Comme générateur de courants alternatifs. M. Kohlrausch a imaginé une machine magnéto-électrique qu'il a appelé inducteur des sinus *(sinus-inductor)* parce qu'elle donne des courants de la forme simple $i = i_0 \sin nt$.

Cet appareil consiste simplement en un aimant qui tourne dans un plan horizontal autour d'un axe vertical passant par son centre, à l'intérieur d'une bobine recouverte d'un nombre suffisant de spires. L'axe de la bobine étant horizontal, le mouvement de l'aimant induit dans des spires un courant de la forme précitée.

Dans le modèle construit par M. Kohlrausch, la rotation rapide de l'aimant est commandée par un mouvement d'horlogerie mu par un poids très considérable : celui-ci atteint par exemple jusqu'à 30 kilogrammes pour une vitesse de 100 à 200 tours par seconde ; l'usure du cordon s'enroulant sur le tambour moteur muni de pointes



pour empêcher le glissement, est très grande et en outre la marche du moteur n'est pas constante après qu'une certaine longueur de corde s'est déroulée. M. Pfeiffer, au cours de recherches expérimentales dans lesquelles ces inconvénients s'étaient fait particulièrement sentir, a modifié l'appareil de M. Kohlrausch de la manière suivante.

Le poids moteur P commande directement la poulie r après avoir passé sur deux autres tambours r_1, r_2 ; sur la poulie r passe un cordon qui s'enroule sur les deux tambours R et R_1 lorsqu'on remonte le poids P à l'aide de deux manivelles ; le cliquet l_1 empêche le mouvement des tambours R_1 en sorte que la force P/2 agit pour déterminer la rotation du cylindre R qui commande le mouvement de l'aimant. Le second tambour R sert à remonter le poids P sans interrompre la marche de l'appareil. Uu poids de 3 kilogrammes suffit à

donner à l'aimant mobile la vitesse suffisante et le système complet fonctionne très bien, s'il en faut croire l'auteur dans la note qu'il a publiée sur ce sujet dans les Annales de Wiedemann, (vol. XXI, p. 228).

A. P.

Sur le rendement des accumulateurs et les variations de leurs constantes électriques, par W. Haeberlein.

Nous avons rendu compte dans des revues antérieures des travaux de M. Fitz-Gérald et de M. Kohlrausch sur les accumulateurs. M. Haeberlein vient de publier dans les *Annales de Wiedemann* (vol. XXI, p. 393) le résultat des nombreuses mesures qu'il a effectuées sur des accumulateurs à électrodes de plomb et de péroxyde de plomb, au laboratoire électrotechnique de l'école polytechnique de Hanovre, dont M. W. Kohlrausch est directeur. Ces mesures ont été faites avec le plus grand soin et ont porté sur les quatre points suivants, aussi bien pendant la charge que pendant la décharge :

1° L'intensité du courant ;

2° La différence de potentiel de la batterie en circuit ouvert (force électromotrice) ;

3° La différence de potentiel de la batterie en circuit (tension aux bornes),

4° La résistance intérieure.

Nous ne nous étendrons pas sur la disposition qu'a donnée M. Halberlein à ses appareils pour faire les mesures le plus rapidement possible et avec la plus grande exactitude.

L'intensité du courant de charge fut mesurée avec un ampèremètre d'Ayrton et Perry, tandis que celle du courant de décharge ainsi que la différence de potentiel de l'élément en circuit ouvert et en circuit fermé fut déterminée à l'aide d'un galvanomètre à miroir très sensible.

La mesure de la résistance s'effectua constamment à l'aide de la disposition dont la figure suivante donne le schéma. Entre *m* et *n* se trouve une pile de Daniell dont la force électromotrice *e'* est compensée par celle E de l'élément A_1 dont on doit mesurer la résistance R; *ko* est un fil de maillechort tendu sur lequel le curseur est déplacé jusqu'à ce que le courant qui passe par le galvanoscope *q* soit nul ; *k* est une résistance en maillechort dont la grandeur est appropriée aux autres éléments de la combinaison.

Si l'on désigne la résistance de *elrk* par *a* et celle de *hikrleg* par *b*, on obtient immédiatement les relations

$$E = (R + b)\, i$$

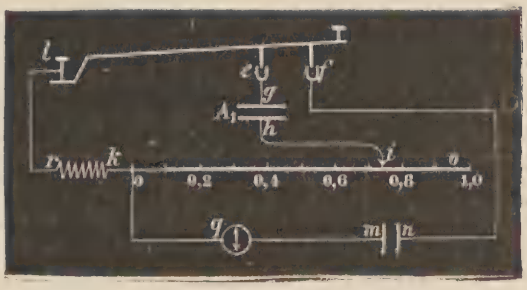
et

$$e' = a\, i$$

d'où

$$R = \frac{E}{e'}\, a - b$$

Cette méthode n'est applicable que si la force



électromotrice de l'accumulateur est constante. Or, pendant la seconde partie de la décharge cette force électromotrice varie très rapidement et il est très important de mesurer la résistance correspondante; dans cette période de la décharge, M. Haeberlein a fait usage de la méthode de F. Kohlrausch qui exige, comme on sait, l'emploi de courants alternatifs et du téléphone.

Comme accumulateur, M. Haeberlein s'est servi de deux plaques de plomb de 200 millimètres sur 100 millimètres de côté, placées à la distance de 10 millimètres l'une de l'autre, et plongées dans de l'eau acidulée à 10 o/o en volume. La formation des plaques a eu lieu tantôt à l'aide de la méthode de Planté par l'action du courant, tantôt par l'action de l'acide azotique étendu avec 5 fois son volume d'eau.

Nous désignerons par :

I et *i* l'intensité du courant;

R et *r* la résistance intérieure;

E et *e* la force électromotrice;

P et p la différence de potentiel aux bornes ;

T et t la durée de la charge et de la décharge ; les lettres majuscules se rapportent à la charge, les minuscules à la décharge.

Toutes les mesures faites jusqu'à maintenant ont eu à leur base la formule

$$P = E + I R \qquad \text{et} \qquad p = e - i r$$

et en mesurant trois des quatre quantités de chacune de ces formules, on en déduisait la quatrième R ou E.

En procédant de cette manière pour déterminer r pendant la décharge, on remarque qu'aussitôt après la chute brusque de l'intensité du courant, la résistance calculée augmente très rapidement. M. Haeberlein a mesuré cette résistance directement pendant la décharge régulière à l'aide de la méthode indiquée plus haut et pendant la période variable à l'aide de la méthode des courants alternatifs de Kohlrausch ; les résultats qu'il a obtenus sont donnés pour une de ses expériences dans le tableau ci-dessous, en unités pratiques C G S.

Temps	p	i	$e - p$	r calculé	r observé
h. m.					
3 30	1.943	0.275	0.023	0.084	0.081
3 45	1.942	0.275	0.023	0.084	0.081
4 0	1.942	0.274	0.023	0.084	0.081
4 15	1.942	0.274	0.023	0.084	0.081
4 30	1.937	0.274	0.023	0.084	0.081
4 40	1.934	0.273	0.023	0.084	0.082
4 50	1.929	0.272	0.023	0.085	0.083
5 0	1.926	0.272	0.026	0.096	0.093
5 10	1.923	0.271	0.028	0.103	0.100
5 20	1.913	0.271	0.033	0.122	0.114
5 30	1.902	0.270	0.040	0.148	0.134
5 40	1.897	0.269	0.044	0.164	0.148
5 50	1.891	0.267	0.049	0.184	0.165
6 00	1.884	0.267	0.058	0.217	0.194
6 10	chute	0.264	0.840	3.18	<0.5
6 15	—	0.038	1.364	35.9	<0.5
6 18	—	0.021	1.398	66.6	<0.5
6 25	—	0.019	1.430	75.3	<0.5

En considérant les nombres inscrits dans les colonnes 5 et 6, on voit que la résistance calculée d'après la formule $(e - p)/i$ est très grande pendant la période variable, tandis que la mesure directe donne des valeurs inférieures à 0,5 ohm

Il résulte donc des nombres ci-dessus que l'intensité du courant seulement offre une chute analogue à celle de la différence de potentiel aux bornes, mais que la force électromotrice de l'élément ne présente pas une marche analogue ; cette conclusion est encore démontrée d'une façon plus rigoureuse par les mesures données ci-dessous, dans lesquelles on a déterminé successivement et aussi rapidement que possible la force électromotrice et la différence de potentiel aux bornes.

Temps	p	e	Temps	p	e
h. m.			h. m.		
4 00	1.973	2.005	5 40	1.943	1.983
4 10	1.972	2.004	5 50	1.941	1.983
4 20	1.970	2.002	6 00	1.931	1.975
4 30	1.966	1.999	6 10	1.916	1.973
4 40	1.962	1.997	6 20	1.910	1.972
4 50	1.961	1.994	6 30	1.908	1.970
5 00	1.959	1.992	6 40	1.896	1.957
5 10	1.956	1.991	6 50	1.350	1.951
5 20	1.954	1.988	6 55	0.112	1.573
5 30	1.951	1.986	7 00	0.068	1.545

On ne peut expliquer cette diminution si rapide de la différence de potentiel aux bornes, la force électromotrice de l'élément possédant une valeur encore si considérable, et la résistance intérieure de l'élément ne variant que très peu, que par la production de gaz qui polarise ainsi l'élément.

Dans la combinaison $PbO_2 \mid H_2SO_4 \mid Pb$, qui est à la base des accumulateurs au plomb, le courant de décharge décompose l'eau, l'hydrogène se dégageant à l'électrode PbO_2 et l'oxygène à l'électrode Pb ; ces gaz sont immédiatement absorbés par les électrodes, par réduction de l'électrode positive et par oxydation de l'électrode négative, en sorte qu'ils ne peuvent produire aucune force électromotrice contraire. M. Haeberlein croit pouvoir conclure que la chute si brusque de la différence de potentiel aux bornes provient de ce que les électrodes sont réduites, respectivement oxydées, à une limite telle que les gaz électrolytiques ne sont pas absorbés à l'état naissant.

La force électromotrice e de l'élément ouvert ne peut être calculée d'après le formule $p = e - i r$ qu'autant que les gaz électrolytiques sont absorbés à l'état naissant par les électrodes. Pendant la charge, on observe les faits analogues par rapport à la formule

$$P = E + J R$$

M. Haeberlein a constaté de nouveau que la

résistance de l'élément reste à peu près constante pendant toute la durée de la charge. La force électromotrice calculée d'après la formule

$$E = P - J R$$

est assez concordante avec la valeur observée directement, tant qu'il n'y a pas de dégagement de gaz ; mais dès qu'un dégagement a lieu à l'une ou l'autre des électrodes, la valeur de E calculée est plus grande que celle que l'on mesure directement ; voici quelques résultats à l'appui de cette conclusion :

Temps	J	P	E calculé	E observé	Dégagement de gaz à l'électrode
h. m.					
4 00	0.727	2.115	2.071	—	
10	0.709	2.148	2.105	2.100	
20	0.701	2.160	2.118	—	
45	0.672	2.200	2.160	2.143	
50	0.658	2.238	2.199	—	Négative.
5 5	0.628	2.310	2.272	—	Positive.
5 10	0.623	2.346	2.309	2.201	
5 20	0.615	2.420	2.383	—	Intense.
5 40	0.605	2.475	2.439	2.205	
6 00	0.592	2.500	2.464	2.204	
6 30	0.589	2.510	2.475	2.207	

La chute rapide de la différence de potentiel aux bornes pendant la décharge peut être occasionnée par l'une ou l'autre des électrodes ou par toutes deux à la fois ; l'électrode négative, par exemple, peut être trop réduite, en sorte que la diminution de la différence de potentiel a lieu avant que la désoydation de l'électrode positive soit assez avancée ; il en résulte que la variation de la force électromotrice qui a lieu simultanément peut avoir une intensité totalement différente suivant les cas.

M. Haeberlein termine son mémoire par quelques considérations sur le rendement des accumulateurs ; il est arrivé avec ses éléments si imparfaits à ce point de vue, en ayant soin d'éviter les dégagements gazeux, à des rendements de 87 à 92 o/o ; un rendement de 95 o/o peut donc être facilement obtenu avec des accumulateurs bien formés et conduits avec soin.

On sait qu'au point de vue de l'influence de la polarisation sur le rendement des accumulateurs, il faut distinguer entre les deux phénomènes suivants :

1° Les substances dégagées par l'action électrolytique du courant ont une action électromotrice directe ;

2° Les électrodes sont transformées par les ions qui s'en dégagent, de façon à avoir une autre action électromotrice qu'auparavant.

M. Haeberlein croit pouvoir conclure de ses nombreuses mesures que la deuxième espèce de polarisation seule a de l'influence sur le rendement, tandis que la première ne produit qu'une perte de travail et peut être facilement évitée.

A. P.

Sur un téléphone chantant, par M. Karsten (1)

A l'occasion d'une expérience micro-téléphonique de cours, M. Karsten a remarqué qu'un son continu était encore perceptible au téléphone, même longtemps après que la source phonique était éloignée ou supprimée. La constatation de ce fait a conduit l'auteur à exécuter un certain nombre d'expériences pour élucider les conditions sous lesquelles il a lieu.

Le microphone qui a servi dans ces recherches, se compose simplement d'une tige verticale en charbon, fixée à un contact mobile, entre deux autres tiges horizontales. Le son du téléphone ne pouvait être produit que pour une position déterminée du contact microphonique et suivant la sensibilité du réglage de ce dernier, un ébranlement de la table ou un son quelconque suffisait à déterminer la production du son téléphonique, dont la durée atteignait souvent un quart d'heure sans interruption.

Après avoir essayé plusieurs téléphones, M. Karsten a remarqué que si l'on émettait devant le microphone un son égal au son propre de leur membrane, le chant téléphonique était produit d'une façon beaucoup plus sure.

Il suffisait dans toutes ces expériences, d'enlever le microphone de la table sur laquelle il était placé, pour supprimer complètement le son téléphonique.

L'explication du phénomène ci-dessus, doit être évidemment cherchée dans un ébranlement mécanique initial du microphone ; le téléphone

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*; juin 1887.

ainsi actionné produit un son qui suffit à entretenir les vibrations du microphone. Une explication complète du phénomène, surtout au point de vue de l'influence du son propre de la membrane téléphonique, exige un nombre plus considérable d'expériences.

Hughes [1] et Lutge [2] ont déjà observé un phénomène analogue ; cependant dans leurs expériences, le circuit du microphone renfermait deux téléphones dont l'un était posé sur la membrane microphonique. L'expérience de M. Karsten en diffère considérablement, puisqu'il n'existe aucune liaison mécanique entre le téléphone chantant et le microphone.

A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES
DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Une nouvelle pile primaire. —M. J. J. Walsh de Whitehouse, *Telegraph Street* à Londres, vient d'imaginer une nouvelle pile primaire qui a été essayée par la compagnie du chemin de fer Great-Western.

L'élément se compose d'un vase en vulcanite, contenant un vase poreux. Les électrodes sont en zinc et en charbon, le zinc plonge dans de l'acide sulfurique et le charbon dans une solution de nitrate de soude.

La pile est destinée à l'éclairage domestique et aux lampes portatives. Elle peut, dit-on, alimenter une lampe de mineurs pendant treize heures, avec une seule charge.

M. Newton de *West Street Finsbury*, Londres à également inventé une pile de ce genre, avec des électrodes en fer et en zinc, plongeant dans une solution d'alcali caustique.

Une plaque en oxyde de plomb sert de dépolarisant ; l'électrode de fer forme le vase extérieur de l'élément, au fond duquel se trouve l'oxyde de plomb.

Un diaphragme en parchemin est placé au-dessus de l'oxyde, et la plaque de zinc repose sur des isolateurs en porcelaine au-dessus du diaphragme.

Le Dr Walmsley F. C. S. a fait un rapport sur cette pile, et conclut qu'elle peut alimenter une lampe pendant 150 heures sans surveillance, et que l'action locale y est pratiquement nulle. On se propose de louer ces piles pour des installations d'éclairage électrique.

La Compagnie qui fournit les élément, renouvellera la charge, de manière à éviter tout risque et tout ennui aux consommateurs.

L'applicalion de l'aiguille aimantée a la recherche du minerai de fer. — Dans une communication récente, à l'*Iron and Steel Institute*, M. B. H. Brough a parlé de l'emploi de l'aiguille aimantée, pour la recherche du minerai de fer, qui se fait en Suède, en Amérique ainsi qu'en Angleterre ; on peut se servir de la boussole ordinaire à cadran des mineurs, pour ce travail.

Si l'on suit une ligne droite avec l'appareil, l'aiguille sera constamment déviée vers le même point du cadran, c'est-à-dire qu'elle restera dans le méridien magnétique, tant qu'elle ne sera pas influencée par le minerai de fer. Mais, si l'on s'approche de masses de minerai, l'aiguille sera graduellement déviée, à moins que le minerai ne se trouve, par hasard, sur la ligne du méridien magnétique.

Il faudrait donc que les observatoires commencent par déterminer la ligne du méridien magnétique, qui serait marquée sur les plans ou sur le terrain même. A cet effet, on trace au moins deux lignes droites, dans les directions est et ouest (magnétiques), et à une distance de 27 à 45 mètres l'une de l'autre.

Ces lignes traverseront la ligne méridienne en un point quelconque.

Si l'on place le compas à l'une des extrémités d'une ligne de ce genre, et à une distance considérable des masses magnétiques, il n'y aura aucune attraction, mais en s'approchant du méridien, l'aiguille sera graduellement déviée, et à une certaine distance, on arrivera à un maximum d'attraction.

Si l'on s'approche encore plus près, l'attraction devient plus faible, jusqu'à ce qu'elle devienne nulle, quand on se trouvera au méridien du minerai même.

Les angles de déviation observés aux différentes stations doivent être notés et marqués sur de petits poteaux plantés dans la terre, et sur le

(1) *Phil. Mag.* vol. VI. 1878. p. 44.
(2) *Dingler's Polyt. Journal*, vol. 232, p. 234.

plan. En suivant la même ligne droite au delà du point de déviation nulle, on observe les mêmes attractions mais en sens inverse.

Il est donc facile de déterminer la position du gisement. La position de celui-ci, ou plutôt son pôle résultant, s'il s'agit de magnétite, peut être déterminé par des lignes isogoniques, en reliant tous les points ou l'aiguille *a* donné la même déviation.

Pour obtenir une ou plusieurs lignes isogoniques parallèles, des deux côtés du méridien du gisement, il faut tracer un certain nombre de lignes parallèles au méridien et à une distance de 9 à 28 mètres. Aux points où ces lignes coupent les lignes est-ouest, il faut observer les angles de déviation et tirer des lignes isogoniques en reliant les points de même déviation.

Si l'on tire une ligne dans le sens de la déviation de l'aiguille magnétique d'un point d'intersection quelconque dans le réseau de carrés tracés sur le terrain d'observation, cette nouvelle ligne coupera la ligne isogonique en un deuxième point et éventuellement le méridien. Les deux points où la ligne isogonique aura été coupée sont reliés ensemble et si on élève une perpendiculaire au point milieu ; cette ligne coupe le méridien au-dessus du pôle du gisement.

Le professeur W. Stroud et M. J. Wertheimer ont fait des expériences avec des hélices qui émettent des sons quand on y fait passer un courant variable, afin de déterminer la cause de cette sonorité.

La tonalité du son émis dépend du nombre des inversions du courant.

Les auteurs ont construit deux bobines pareilles dans lesquelles ils ont fait passer le courant, l'une des bobines était fixée dans du plâtre, tandis que l'autre était libre. La première ne donnait aucun son, ce qui porte les auteurs à conclure que les sons proviennent de l'attraction des parties adjacentes du fil, ce qui tend à allonger ou à raccourcir l'hélice selon l'intensité du courant variable.

Ils ont également constaté qu'une seule spire de fil ne peut donner aucun son, tandis que un tour et un quart donnaient déjà un son appréciable pendant le passage du courant dans les mêmes conditions.

Un nouveau projecteur. — L'épaisseur comparativement grande du verre dans le projecteur Mangin, donne lieu à une perte de lumière considérable; pour y remédier un nouveau projecteur à miroir a été inventé par M. Ronald Scott, et essayé à bord du navire de guerre le *Héro*, à Chatham.

Le miroir est composé d'une calotte sphérique en verre très mince, argentée au dos, qui est renforcée par une couche de 25 m.m. d'une composition spéciale. Sa lumière, plus intense, était en outre plus blanche que celle de l'appareil Mangin et l'on voyait les objets éloignés avec leurs couleurs vraies, tandis que le miroir de Mangin leur donne un ton jaune. La supériorité du projecteur de Scott peut donc être considérée comme établie.

Une application de l'électricité statique. — M. Wimshurst, l'inventeur de la machine à influence a appliqué sa machine d'une manière très ingénieuse à l'éclairage des corps doués d'un mouvement rapide.

L'expérience suivante fera bien comprendre l'application en question. Si l'on fait tourner à une vitesse de plusieurs milliers de tours par minute un disque, sur lequel on a imprimé en petit caractère, on peut lire la partie imprimée si l'on fait partir une série d'étincelles aux moments où les caractères sont dans une position verticale.

Pour y arriver, il faut avoir un commutateur qui fasse partir des étincelles de la machine au moment voulu, ce qui se fait naturellement en actionnant le commutateur par le disque tournant. On pourra ainsi examiner une roue tournant rapidement pendant son mouvement, ce qui peut être utile dans certains cas.

J. Munro

Etats-Unis

Le tramway électrique de Los Angeles (Californie). — Vous avez annoncé, il n'y a pas longtemps, la construction d'une ligne de tramway électrique, à Los Angeles ; je dirai quelques mots aujourd'hui du système de conducteurs aériens que M. Daft a employés.

Il comprend des poteaux, voisins de la voie, et pourvus de potences, mais, dans les courbes, le système est un peu modifié, et cela, pour éviter de devoir ériger des poteaux dans les passages très fréquentés ; on a suspendu de légères pièces

de bois à de forts câbles tendus entre des potaux, et on y fixe les isolateurs.

Les supports isolés pour les conducteurs aériens, indiqués figures 1, 2 et 3, sont des tiges de fer courbées, dont l'extrémité inférieure se termine par une mâchoire, saisissant le fil conducteur, mais d'une manière assez lâche pour lui permettre de se déplacer avec les variations de température, ou pour permettre de le tendre, depuis son extrémité et sur toute sa longueur, quand il est assez relâché pour l'exiger.

Comme on le voit, ces supports sont vissés à des boîtes en fonte, fixées à la potence par un boulon, et les pattes des supports en fer sont fixées à la fonte avec intermédiaire d'isolant ; on est ainsi entièrement à l'abri de l'humidité.

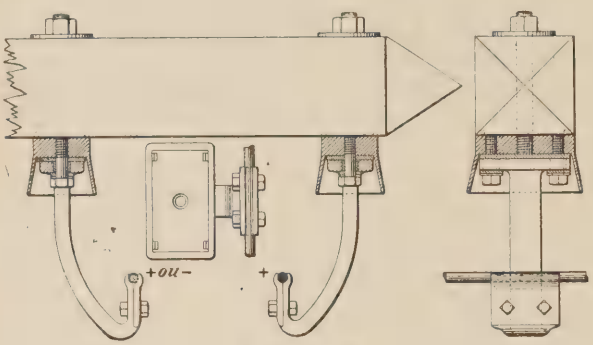


Fig. 1, 2 et 3

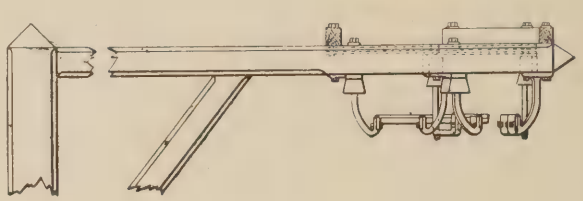


Fig. 7

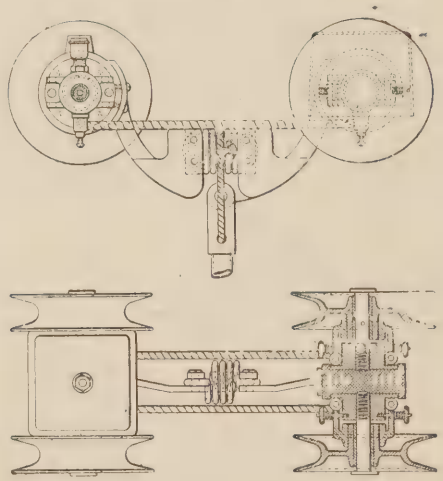
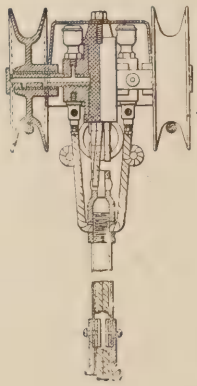


Fig. 4, 5 et 6



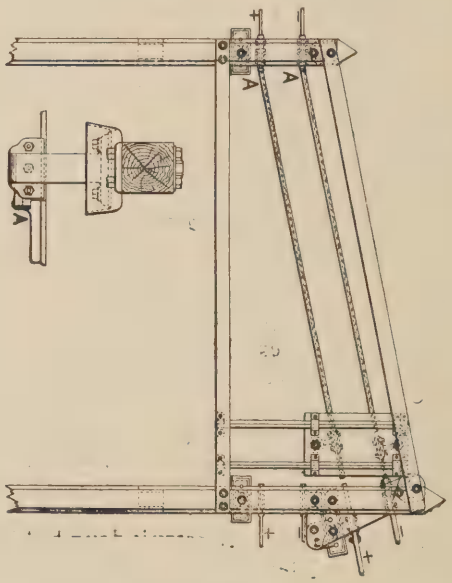


Fig. 8

Quoi qu'il soit possible de n'employer qu'un simple conducteur aérien et d'utiliser les rails pour le retour, cependant, l'expérience paraît avoir montré qu'il est préférable d'avoir les conducteurs entièrement aériens ; en cas de déraillement, le circuit ne se trouve pas rompu, et on peut ainsi faire rentrer les voitures dans les rails, au moyen de leurs moteurs.

Le collecteur du courant, qu'indiquent les figures 4, 5 et 6, est formé d'un chariot, avec quatre galets à gorge en bronze, dont les axes, sont fixés à des pièces de métal isolées l'une de l'autre.

Les deux paires de galets sont réunies par un ressort à boudin, très raide, qui se prête cependant aux inégalités du conducteur, et assure un bon contact des 4 galets avec leurs fils respectifs.

Le courant pénètre par les deux galets d'un côté du chariot, passe par des contacts frottants sur le côté intérieur du moyeu, à un gros conducteur isolé, et de là, à l'un des câbles fixés dans un tube vertical articulé au chariot, qui l'amène au moteur, d'où il revient au second conducteur.

Chaque paire de galets est protégée par une légère enveloppe métallique.

Cette disposition a donné de bons résultats, et le graissage n'a pas donné lieu à des difficultés.

Le problème des croisements ou des aiguillages qui semblait particulièrement difficile a été résolu d'une manière très simple. On a un poteau additionnel, avec une potence plus longue que les autres, et qui supporte les fils soit des conducteurs principaux, soit de l'embranchement, comme le montre les figures 7 et 8.

Les deux potences voisines de l'aiguillage sont reliées par des entretoises, comme le montre le plan ; elles portent deux rails courts transversaux, sur lesquels se meut un petit chariot, auquel sont fixées les extrémités des fils mobiles qu'on peut ainsi mettre en rapport, soit avec l'une, soit avec l'autre des deux lignes. La manœuvre se fait d'en bas, au moyen de cordes et de poulies.

Un nouveau transmetteur téléphonique a interruptions. — La question de savoir quelle est exactement l'action qui a lieu dans un transmetteur téléphonique a été fort discutée. La théorie du professeur Bell, d'après laquelle la parole articulée ne peut être transmise que par les variations d'un courant continu, c'est-à-dire par un courant ondulatoire, a été contestée depuis le commencement et on a construit un grand nombre d'appareils dont le fonctionnement prouve la théorie contraire.

Ces téléphones à interruptions, (*make and brake téléphones*) sont généralement construits de sorte que les interruptions s'effectuent par l'action des ondes sonores frappant contre un diaphragme auquel est fixé l'un des contacts.

Pour augmenter la clarté des transmissions, MM. Stephen, D. Field et Rudolph Eikemeyer, ont dernièrement construit un transmetteur téléphonique dans lequel les contacts ne se touchent pas quand l'instrument est au repos.

L'appareil est, en effet, un interrupteur automatique qui ouvre et ferme un circuit électrique avec une trop grande rapidité pour que l'oreille puisse discerner les interruptions ou le son produit au récepteur.

Un diaphragme est disposé de sorte que les ondes sonores qui le frappent interfèrent plus ou moins avec les vibrations, suivant leur tonalité.

La figure 1 représente cet instrument qui constitue à plusieurs points de vue une véritable invention.

Le diaphragme M porte un contact en platine G; le contact E est monté sur une pièce en caoutchouc tendre *e* de forme sphérique et perforée d'un trou que traverse le fil fin C attaché au contact E.

Ce fil traverse également une vis creuse *j* et la vis O sert à régler la pression du contact sur son coussinet de caoutchouc. L'appareil comprend également la pile ordinaire B et une bobine d'induction H, ainsi qu'un commutateur.

On voit que le circuit de la pile B passe à l'état

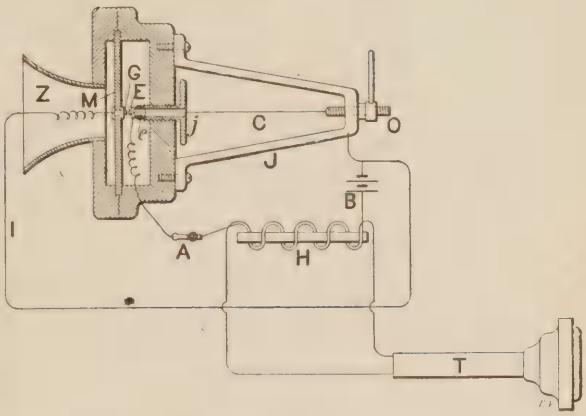


Fig. 1

normal à travers le cadre isolé en métal J du transmetteur téléphonique et le fil C pour aller au contact E; on voit aussi qu'il y a un court-circuit établi au moyen du fil I entre le contact G et le cadre J. La tension du fil C suffit à l'état normal pour séparer les contacts E et G ; mais quand le commutateur A est fermé et que le courant de la pile B passe dans le fil C, ce dernier s'allongera par suite de l'échauffement, et permettra à E et à G de venir en contact. Le courant sera ainsi shunté autour du fil C par un conducteur de résistance presque nulle ; il en résulte un refroidissement du fil fin qui se contracte et sépare de nouveau les deux contacts.

L'appareil est donc un interrupteur fonctionnant avec une très grande rapidité, tant que le courant de la pile B continue à circuler. Les interruptions sont trop rapides pour être perçues à l'oreille.

Il est évident que les ondes sonores qui frappent le diaphragme M auront pour effet de modifier les positions relatives des points E et G en tendant à prolonger leur contact, ou à le rompre plus rapidement ; on conçoit donc qu'on puisse transmettre la parole.

Le coussinet de caoutchouc *e* est destiné à rendre l'instrument plus sensible à l'action du fil C. Le caoutchouc forme un support assez rigide pour le contact G, tout en étant assez élastique pour se prêtet rapidement à l'extension et à la contraction du fil C. Le diaphragme M est en bois.

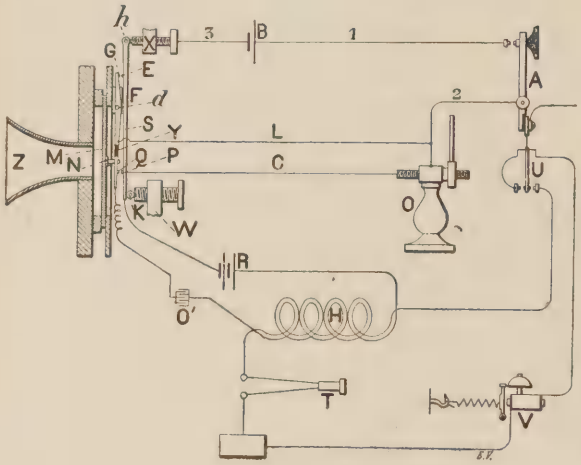


Fig. 1

Dans un autre modèle de l'appareil basé sur le même pricipe et représenté sur la figure 2, des contacts E et G sont supportés respectivement sur des leviers S et F dont le premier est pivoté en *h* et le dernier en *d*. La position relative des deux leviers peut être réglée au moyen des vis W et X dont la première porte contre l'une des extrémités du levier S, et l'autre contre le ressort en caoutchouc C placé entre l'autre extrémité du levier et la vis W.

Quand la clef A est abaissée, le circuit de la pile B passe par le fil 1, la clef A, le fil 2, la vis de réglage O et le fil fin C jusqu'au levier S, et retourne à la pile par la vis X et le fil 3.

La fermeture de la clef fera donc passer le courant de la pile B à travers le fil C, qui s'échauffe, la tenslon sur le levier S diminue, ce qui lui permet de s'approcher du levier F, par suite de la pression exercée par le ressort en caoutchouc K.

Si ce mouvement du levier est assez étendu, les points E et G viennent en contact et ferment en court-circuit le fil C, et par suite, on obtient le même procès continu d'interruptions et de rétablissements de courant, qui continue automatiquement, tant que la clef A reste fermée. Une onde, venant frapper le diaphragme M, tendra donc à provoquer une séparation des contacts E et G, et à prolonger l'extension du fil C.

En dehors du contact E, le levier S porte un contact P, placé en face d'un contact analogue, sur le levier F.

L'action par laquelle les mouvements du diaphragme tendent à prolonger l'extension du fil C tendra donc aussi à prolonger la durée des contacts en P et Q, quand ceux-ci se rapprochent par suite d'un mouvement du diaphragme, provenant des effets d'une onde sonore.

Pour empêcher des étincelles de se produire, le condensateur O est compris dans le circuit de la pile.

L'appareil peut facilement servir comme un répétiteur téléphonique, avec un diaphragme mince et avec tous ses organes renfermés dans une boîte en fonte pour empêcher toutes les vibrations extérieures.

Un électro-aimant est, dans ce cas, disposé à proximité du diaphragme et compris dans la ligne sur laquelle on renvoie les courants téléphoniques.

Nouvelle théorie sur la circulation du sang. — M. Wilber L. Stonex a présenté à l'*Association médicale du comté d'Elkhart* (Indiana), une théorie originale, expliquant la circulation du sang par des phénomènes électriques et dont je dirai quelques mots, comme curiosité. L'électricité serait empruntée à l'air (?!) et transmise aux poumons. Ceux-ci sont reliés au cerveau par un très grand nombre de nerfs qui seraient des conducteurs électriques parfaits, qui y amènent l'électricité ; tous ces nerfs se terminent dans le cerveau à des cellules constituées comme de petites bouteilles de Leyde, et qui forment ainsi une batterie.

Deux séries isolées de nerfs partent de là pour aboutir au cœur ; l'une va au côté droit et l'autre au côté gauche, et le courant électrique passe alternativement à l'un et à l'autre.

Supposons l'oreillette droite chargée d'électricité positive, elle attirera des particules de sang négatif de toutes les parties du système veineux et le résultat sera de remplir l'oreillette droite de sang. Celui-ci est, par contact, chargé d'électri-

cité positive et sera repoussé de l'oreillette droite et forcé à travers le ventricule jusqu'aux poumons, et de là à l'oreillette gauche et enfin à travers l'aorte dans le système des artères.

L'auteur ne nie pas l'influence des contractions du cœur, au contraire, mais elle ne seraient, d'après lui que l'effet secondaire du courant électrique (?)

Nouveau modèle d'armature pour électro-aimants. — Il est souvent avantageux de donner à l'armature d'un électro-aimant un grand mouvement tout en maintenant aussi constante que possible l'attraction qu'elle subit de la part des noyaux

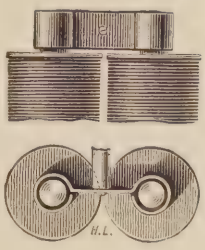


Fig. 1

aimantés. Pour arriver à ce but, M. Ch. A. Gaiser d'Edwardsville (Illinois), a imaginé un modèle d'armature qui présente plusieurs dispositions originales.

L'idée sur laquelle le nouveau type est basé est d'employer une armature cylindrique en feuilles de tôle mince, fixée au levier d'armature, et en-

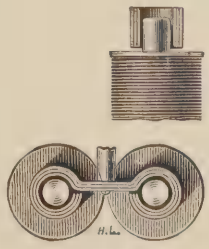


Fig. 2

tourant les noyaux des aimants, sans les toucher naturellement.

La figure 1 représente deux vues d'un modèle d'armature construit avec une seule tôle courbée en boucle aux extrémités, de manière à embrasser l'extrémité des noyaux de l'électro.

On peut obtenir ainsi un mouvement aussi considérable qu'on le désire, en augmentant la longueur de cette tôle d'armature.

La grande surface exposée à l'attraction de l'aimant, augmente de beaucoup la puissance d'attraction, et le peu d'épaisseur du métal fait que l'armature est rapidement aimantée et désaimantée.

Si l'on désire avoir une armature plus puissante qu'on ne peut l'obtenir avec une seule tôle, on peut la doubler, la tripler, etc. La figure 2 représente ce dispositif. L'inventeur a également imaginé d'autres formes basées sur la même idée.

J. Wetzler

BIBLIOGRAPHIE

The electric motor *and ist applications by Thomas Commerford Martin and Joseph Wetzler.* — New-York, W,J. Johnston publisher 168-177, Potter Building, 1887.

L'idée d'employer l'électricité au transport de l'énergie est si simple et semble conduire à de si nombreuses applications que l'on pourrait s'étonner que cette question, après être entrée dans le monde avec un si grand éclat et des promesses de succès si sérieuses, semble avoir subi un arrêt et être en proie à une maladie de jeunesse; et, en effet, on peut bien l'appeler ainsi, la question du transport de l'énergie est si importante, elle exige tant d'appareils accessoires, tels que conducteurs, régulateurs, etc., et des transformateurs d'énergie si parfaits, qu'avant de songer sérieusement à transporter l'énergie il fallait songer à perfectionner les appareils accessoires et les organes constitutifs dont l'ensemble concourt au transport de l'énergie.

C'est, du reste, ce qui a été fait, tant en Europe qu'en Amérique.

Le livre de MM. Wetzler et Martin, en décrivant les différentes difficultés qu'il a fallu surmonter, ainsi que les dispositifs employés par les inventeurs dans ce but nous fait bien pénétrer au cœur du problème et nous montre le chemin parcouru dans ces dernières années dans l'application de la traction électrique aux tramways, ballons et bateaux; c'esi un exposé intéressant de l'état actuel de la question, dans lequel l'auteur, cependant, ne néglige pas la partie historique et nous fait sentir, en décrivant les différents projets, essais et expé-

riences, combien il a fallu souvent de travail et de persévérance aux inventeurs pour arriver à vaincre les grandes difficultés techniques accumulées dans le problème et surtout les difficultés financières peut-être plus difficiles encore à surmonter.

La question, dans tous les cas, est bien plus avancée maintenant que lors de l'apparition des premiers projets, et le livre de M. Wetzler est intéressant parce qu'il nous montre le point où l'on est arrivé, les grands projets présentés pour l'application de la traction électrique des voitures sur les grandes lignes aériennes de New-York ainsi que les lignes plus modestes, mais exécutées déjà et fonctionnant ou en cours d'exécution aux États-Unis.

L'auteur débute par la description des différents types de moteurs proposés et construits jusqu'à ce jour; cette partie n'est qu'une sorte d'introduction historique, suivie de la description de quelques moteurs construits en Amérique et déjà employés couramment, parmi lesquels les moteurs Sprague et Van Depoele se font surtout remarquer, et enfin, la plus grande partie du livre est consacrée à la traction électrique, aux différents dispositifs imaginés dans ce but, à la régulation des moteurs, à leur mise en marche, etc.

C'est la partie la plus intéressante pour nous. En se reportant au projet de M. Sprague, par exemple, pour le métropolitain de New-York, on voit que les difficultés techniques, quoique considérables, ce qui est inévitable pour une œuvre de cette importance, sont loin d'être insurmontables ; la partie la plus étrange du projet nous paraît être l'utilisation des descentes et des arrêts à la production du courant électrique.

Chaque voiture en palier, en montée et au démarage absorbe de l'énergie qu'elle prend aux conducteurs, tandis que, aux descentes et aux arrêts, les moteurs agissant comme frein, produisent de l'électricité et la rendent aux conducteurs, diminuant par cela la dépense de la station centrale.

Comme moyen de régulation, M. Sprague fait l'usage le plus étendu de la variation du champ magnétique.

C'est ainsi que dans les descentes, et lors des arrêts, partout où il faut faire agir les dynamos, comme frein, il renforce le champ magnétique, de manière à l'amener au maximum, alors les dynamos tournant à la vitesse normale, produisent une force électromotrice de beaucoup plus élevée que celle de la ligne et le courant se trouve renversé, les dynamos agissent comme générateurs; lorsque la vitesse descend jusqu'à ce que la force électromotrice générée se trouve égale à celle de la ligne, on rompt la communication avec celle-ci, et on met les machines en court-circuit,

Pour éviter le calage variable des balais, lors des variations, soit du champ magnétique, soit du courant dans l'armature, M. Sprague fait produire par le courant principal, une aimantation des électros-aimants à angle droit, sur l'aimantation normale, et ayant pour but, de tordre le champ magnétique dans le sens opposé de la réaction de l'induit, les deux effets se neutralisant, la machine peut marcher à tous les régimes comme moteur ou comme dynamo, sans changer la position des balais.

Intéressant aussi, est le projet de locomotive électrique de M. Field, un des jeunes vétérans de la traction électrique.

M. Field abandonnant toute idée de réduction de vitesse de la dynamo à celle des roues, préfère employer une machine suffisamment grande, pour lui fournir la puissance voulue en tournant à la même vitesse que les roues motrices, et couple directement au moyen de bielles, l'armature aux roues de la locomotive.

Dans chacun de ces exemples, nous trouvons encore un grand nombre de détails intéressants concernant la fixation des machines aux axes, la transmission du mouvement et la réduction de vitesse des axes des dynamos à celle des roues des voitures, les systèmes de collection du courant, de régulation des dynamos, les conducteurs, etc.

En somme, le livre de MM. Wetzler et Martin a paru à un bon moment, et nous pouvons le recommander à tous ceux qui s'intéressent à la question des moteurs et de la traction électrique ; d'autant plus que les magnifiques illustrations et planches, que le format a permis d'intercaler dans le texte, en rendent la lecture attrayante.

Il ne faut pas y chercher un traité complet des moteurs électriques, de la traction et du transport de l'énergie ; c'est plutôt une réunion d'articles traitant des différents points de la question ; mais, tel quel, le livre remplit une lacune, et, il est bon à consulter.

W.-C. Rechniewski

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

180453. — 23 décembre 1886. — DORÉ. — TÉLÉGRAPHE IMPRIMEUR AUTOMATIQUE.

Le télégraphe Doré, est un télégraphe à cadran, dont le transmetteur donne deux émissions de courants, l'une provenant de la pile du bureau transmetteur, l'autre de la pile du poste de réception.

Le dessin qui accompagne ce brevet, étant peu clair, nous nous bornerons à indiquer sommairement le fonctionnement de l'appareil.

Dans la manœuvre, avons-nous dit, deux émissions de courant sont faites.

La première s'établit par le mouvement de rotation de la manivelle qui, actionnant une roue dentée, donne un contact, chaque fois que le galet qui entre dans les dents, passe sur leur sommet.

Ce courant établit le synchronisme de l'appareil récepteur, et lorsque l'on enfonce le taquet de la manivelle dans une entaille du cadran, le second courant qui s'établit alors, actionne un marteau au poste récepteur, marteau qui détermine l'impression de la lettre placée devant lui.

180558. — 29 décembre 1886. — GROZIEUX de LAGUÉRENNE. — APPAREIL AUTOMATIQUE AVERTISSEUR DU PASSAGE DES TRAINS.

N'en déplaise à l'inventeur, son système est ce qu'on peut appeler, sans se compromettre beaucoup : un vieux neuf.

Il consiste, en effet, à placer sur toutes les locomotives des trains qu'on veut signaler, uu buttoir qui, dans son passage, heurtant un levier fixé sur la voie, établit un contact pour l'émission d'un courant. Au poste, ce courant agissant sur un électro, déclanche simplement un poids suspendu qui, par son action sur un treuil, fait abattre un voyant, partir un pétard, ou tout ce que vous voudrez.

Lorsque le train est ainsi signalé, pour remettre les choses en place, on remonte le poids et l'on rétablit l'enclanchement.

180622. — 31 décembre 1886. — JARRIANT et GOLDNER. — PILE A ORGANES FIXES ET A CRAYONS DE CHARBON.

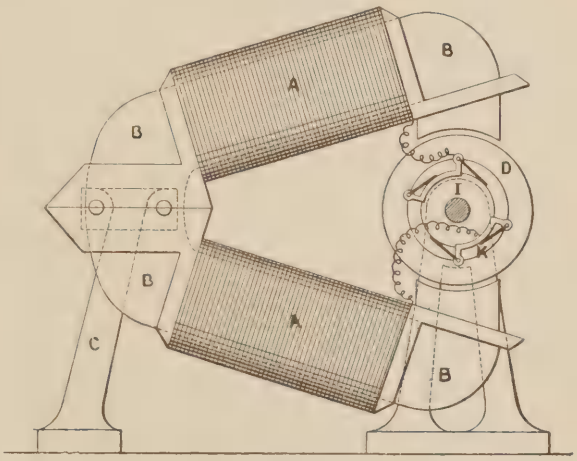
Le but recherché dans la construction de cette pile, a été de maintenir toujours dans des positions fixes, les divers organes, les uns par rapport aux autres. A cet effet, elle se compose d'un vase entièrement en bois, doublé de plomb, dont le fond présente une rainure circulaire dans laquelle vient se fixer le manchon de zinc, et qui contient, en outre, un peu de mercure pour entretenir l'amalgamation.

Autour du zinc, maintenus par une rainure, sont disposés circulairement, une série de vases poreux, renfermant de l'eau acidulée dans laquelle viennent plonger des crayons de charbon faisant corps avec le couvercle, et réunis entre eux pour former le pôle positif.

Naturellement le bain extérieur de bichromate de potasse, et pour améliorer encore les choses, on peut utiliser l'intérieur du manchon de zinc, pour y placer un vase poreux et un dernier crayon de charbon relié aux autres.

180628. — 31 décembre 1886. — CLERC. — MOTEUR UTILISANT LES COURANTS CONTINUS ET ALTERNATIFS.

Le nouveau moteur que nous offre l'inventeur de la Lampe-Soleil. est fondé sur le principe suivant : Quand



on actionne un moteur quelconque (inducteurs et induit en série) et que pendant la marche, on change brusquement le sens du courant, le sens de la rotation reste le même, puisqu'à la fois, tout est inversé dans le moteur.

Partant de là, voici comment s'exprime l'inventeur.

« En dépit de l'exactitude de la loi précitée, un moteur utilisant les courants continus, ne peut être utilement employé pour des courants alternatifs, à cause de l'aimantation et de la désaimantation trop lentes des noyaux des inducteurs et des effets de self-induction.

Pour vaincre ces difficultés, je me sers d'abord de fil de fer pour constituer les noyaux des inducteurs, et j'enroule tant sur l'anneau que sur les électros, un deuxième fil, parallèlement au premier.

Le premier enroulement, dit primaire, est mis en relation avec le circuit du générateur, et le deuxième enroule

ment secondaire, est fermé sur lui-même, à travers des résistances qu'on gradue suivant le cas. »

La disposition générale de la machine Clerc est représentée en vue transversale, par la figure ci-jointe.

B B, sont les noyaux inducteurs constitués par des fils de fer, A A', sont des bobines à double enroulement, et C C sont des plaques de fonte qui supportent la machine, et maintiennent, en même temps, l'écartement des inducteurs.

L'induit D est un anneau Gramme ordinaire, mais enroulés avec deux fils

Chaque collecteur porte quatre balais, dans le but de fermer en court-circuit, toute la partie de l'anneau qui n'est pas soumise à l'influence du champ, et à cet effet, deux des balais K, solidaires entre eux, sont réunis par une fourchette métallique.

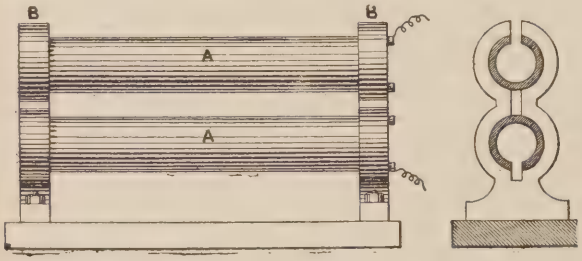
Enfin, pour opérer le changement de rotation, le disque en ébonite I peut tourner d'un demi-tour dans le sens de la marche.

Ce moteur, qui n'est pas sans intérêt, n'a pas encore, paraît-il, été construit, il y a donc lieu d'attendre que l'expérience ait justifié ou non les idées de l'inventeur.

180629 — (31 décembre 1886). — CLERC. — TRANSFORMATEUR ÉLECTRIQUE AVEC RÉGULATEUR AUTOMATIQUE.

Comme tous les transformateurs, celui-ci a pour but d'utiliser des courants de haut potentiel, pour la distribution à basse tension.

Il présente sur ses concurrents, affirme l'inventeur



l'avantage d'une notable économie de main-d'œuvre, jointe à un rendement très élevé, et comme ce rendement est, paraît-il, maximum, lorsque les deux circuits sont aussi près que possible des noyaux de fer doux, M. Clerc a été conduit à la disposition spéciale que représentent les deux vues des croquis ci-joints.

A et A' sont des cylindres creux de fer doux, maintenus parallèles par les collets B B, et disposés verticalement pour que le refroidissement soit obtenu par le courant d'air intérieur.

Sur ces tubes, est enroulé un seul rang de deux fils de cuivre isolés et de même diamètre, car c'est par le groupement différent des fils inducteurs et induits de plusieurs tubes, que la transformation suffisante doit être obtenue.

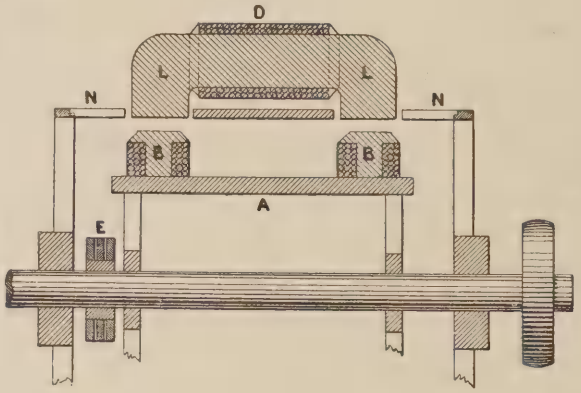
Toutefois, pour des courants de 3000 volts, un potentiel de 100 volts ne peut être obtenu qu'après deux transformations : la première donnant des courants de 400 volts.

Tel est le transformateur Clerc.

Quand à la régulation automatique, elle est simplement obtenue par l'emploi d'un solénoïde index, dont le noyau par son mouvement fait manœuvrer le curseur d'un rhéostat.

180630. — 31 décembre 1886. — CLERC. — MACHINE DYNAMO ÉLECTRIQUE.

A courants alternatifs : c'est de ceux-là seuls que M. Clerc s'occupe presqu'exclusivement. Après les deux brevets que nous venons de signaler, celui-là était d'ailleurs attendu.



Après la lampe, le moteur, le transformateur, il manquait, en effet, le générateur : ce générateur, le voilà, et le cycle est fermé.

La coupe longitudinale ci-contre, est un chéma suffisamment explicatif.

Dans cette machine, en effet, les bobines inductrices ne présentent rien de particulier, et c'est seulement sur l'induit que porte le brevet.

L'inducteur y est mobile, l'induit fixe.

Les bobines inductrices sont formées par des bobines cylindriques d'électros-aimants ordinaires, au nombre de 16, mais qui forment en tout 8 électros-aimants complets, B B'.

Ces bobines sont fixées sur l'axe, comme on voit, suivant les rayons, et leur position coïncide avec celles des extrémités polaires des bobines induites D.

Comme il convient, l'enroulement est fait de manière à donner alternativement des polarités de nom contraire.

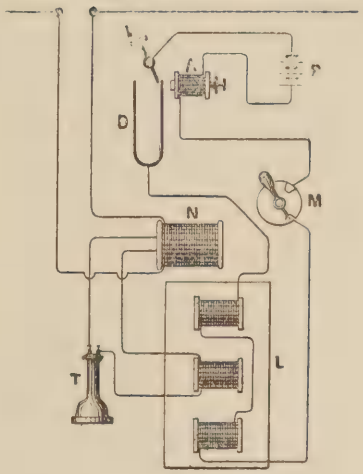
Ces bobines inductrices sont excitées par le courant d'une des bobines induites, qu'un collecteur spécial E, redresse pour la circonstance. L'induit est formé par 8 bobines identiques à celles du dessin. Le noyau de fer L

est un assemblage de fils de fer, obtenu en enroulant du fil isolé sur un mandrin en fonte qui offre le profil qu'on veut donner au noyau, et cela suffit pour faire une machine nouvelle.

Celle-ci pourtant, croyons-nous est comme la précédente, et n'a encore été construite que sur du papier.

180652. — 1 décembre 1886. — BACRI. — SYSTÈME DE TÉLÉPHONIE MULTIPLE ET SIMULTANÉE; SYSTÈME ÉLECTRO-HARMONIQUE.

Encore un brevet, bien difficile à exposer, à cause du peu de clarté de son texte. Le but de l'inventeur est, toutefois, la transmission et la réception simultanées de



plusieurs dépêches téléphoniques par un même fil, sans emploi d'une sonnerie pour l'appel.

Le schéma d'un poste, avec ses communications est représenté ci-contre, et les bornes d'attache indiquent que tous les postes sont reliés en tension.

M est un commutateur à manette ordinaire, D, un électro-diapason dont la bobine est en A, la vis de réglage en V et la pile en P.

L est un système inducteur différentiel à trois bobines, N, une bobine d'induction ordinaire, T un téléphone.

Ceci compris, pour transmettre une dépêche, il n'y a qu'à fermer d'abord le circuit par le commutateur M, de manière à former les communications indiquées sur la figure, et ensuite à parler dans le téléphone.

En effet, la fermeture du circuit met en marche, immédiatement le diapason et fait entendre le bruit que vous devinez, dans la ligne et le téléphone.

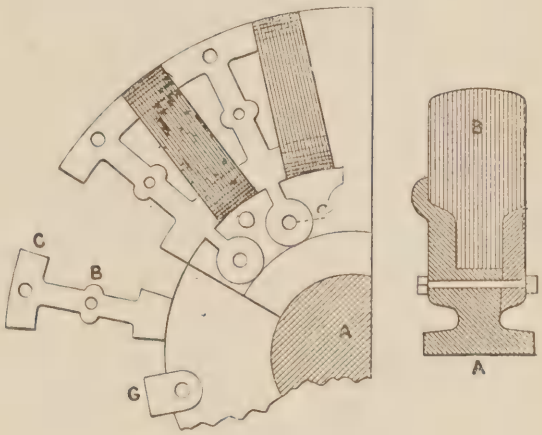
Avec le système I, en faisant varier la position des bobines extrêmes, on règle ce bruit, jusqu'à ce qu'on ait une intensité uniforme dans le courant induit, transmis sur la ligne, et alors, lorsqu'on parle, les vibrations de la voix modifient ce courant, pour recomposer la voix à l'arrivée.

Une série d'appareils analogues, échelonnés, et dont les diapasons sont accordés sur le même ton, permettent la transmission de *courants électriques isochrones se superposant sur la ligne.*

C'est ce qu'affirme du moins M. Bacri, peut-être mieux placé que nous pour le savoir.

180697. — 4 janvier 1887. — LEIPNER. — PERFECTIONNEMENT DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Le perfectionnement de M. Leipner réside dans la construction d'une armature spéciale de dynamo, composée de bobines, toutes indépendantes les unes des autres.



L'anneau est représenté par les deux figures ci-jointes. Il se compose d'un moyeu non magnétique A, dont la circonférence est entaillée par des encoches *a*, ayant la forme indiquée sur le dessin.

B B sont des pièces de tôle découpées, qui constituent des rayons de fer doux après avoir été réunies en un certain nombre et séparées par des feuilles de papier.

Ces rayons s'ajustent sur le manchon A, où des consoles G les retiennent, et dans l'intervalle, se placent les bobines de fil.

De la sorte, le noyau de chaque bobine est distinct, et s'ajoute à ceux qui l'avoisinent pour former un anneau complet : c'est une autre forme de l'embriquetage déjà connu.

180687. — 4 janvier 1887. — QUINBY. — NOUVEL ÉLECTROLYTE DÉPOLARISANT POUR PILES VOLTAIQUES.

Naturellement, c'est un *mangeur* d'hydrogène qu'on nous présente.

Il y en a beaucoup, mais celui de M. Quinby a surtout

comme particularité la ressemblance de son nom avec celui de son maître.

C'est, en effet, de la *coquimbite*, ou si vous aimez mieux, un sulfate anhydre de sesqui-oxyde de fer, qui se trouve dans la nature.

Dans la pile Quinby, il est employé à l'état de dissolution dans l'eau, et il absorbe l'hydrogène à mesure qu'il se dégage.

Cette action n'a, d'ailleurs, rien de miraculeux. Supposez, par exemple, deux électrodes : fer et charbon ; l'acide sulfurique de l'électrolyte ayant une plus grande affinité pour l'électrode soluble, abandonne le sesqui-oxyde pour courir au zinc, et c'est alors que le sesqui-oxyde laissé seul, n'a rien de mieux à faire qu'à se combiner à l'hydrogène, et de se précipiter en le retenant.

M. Quinby dit, à la fin de son brevet, que pareille réaction a déjà été réalisée, mais le sulfate employé n'était pas anhydre, ce qui fait la différence.

P. Clemenceau

A suivre.

FAITS DIVERS

Nous avons dit quelques mots dans un précédent numéro sur l'origine des mots *téléphone* et *microphone*; d'après l'*Electrician*, nous attribuions au capitaine Taylor (1845) l'introduction du premier de ces vocables. L'origine en est plus ancienne et remonterait à 1838; le mot *téléphone* aurait été appliqué à un système de télégraphe acoustique, ou la transmission se faisait par le moyen de tuyaux en plomb. On trouvera du reste des détails sur cette question dans l'ouvrage du Dr Zetzsche sur la télégraphie électrique (t. IV, p. 86).

Dans la dernière séance de la « Société internationale des électriciens », M. Cael, le directeur du service des télégraphes à Paris, a annoncé pour un temps plus ou moins rapproché, un service d'auditions théâtrales de l'Opéra, à Bruxelles.

A l'occasion des discussions récentes au sujet de la ligne Paris-Bruxelles, M. Maiche a tenu à rappeler qu'il avait pris en 1881 ou 1882, un brevet sur l'emploi des lignes de cuivre dans la téléphonie à grande distance, « pour remédier à la mauvaise isolation des lignes ! »

Une communication sur sa fameuse machine aurait intéressé davantage l'assemblée croyons-nous; espérons que ce n'est que partie remise, et qu'une fois que la théorie nécessaire en aura été établie par lui, l'honorable électricien nous en fera part.

M. Friedlaender, de Berlin, vient de breveter une lampe électrique portative d'une grande simplicité. Une petite lampe à incandescence de 3 bougies munie d'un réflecteur, et sous verre est montée sur une petite boîte renfermant la pile.

Cette boîte a 18 centimètres sur 11, et contient autant de compartiments que d'éléments. Les électrodes sont en zinc et en charbon plongeant dans une solution particulière de chlorure de zinc et de bichromate de potasse dans de l'eau. On peut en fabriquer assez pour 3 à 4 heures d'éclairage pour 70 centimes. Pour allumer la lampe, on n'a qu'à tourner un bouton qui se trouve sur le côté de la boîte, et qui permet également de régler l'intensité lumineuse et la durée de l'éclairage.

La conférence internationale relative à la protection des câbles sous-marins qui s'était réunie à Paris au mois de décembre dernier a repris ses travaux le 1er Juillet à 3 heures au ministère des affaires étrangères sous la présidence de M. Flourens.

Le Gouvernement autrichien vient d'accorder une concession pour un chemin de fer électrique entre Hainfeld et Ramsau.

La production des usines de cuivre du lac supérieur aux Etats-Unis, pendant le mois de mai dernier a été : 2580 tonnes, pour les usines de Calumet et Hecla, 300 tonnes pour le Famarack, 280 1/2 pour Quincy et 200 pour Franklin, soit un total de 3366 1/2 tonnes.

M. G. A. Rowell, d'Oxford en Angleterre, vient de publier une brochure sur l'électricité atmosphérique et sur les causes des changements de la déclinaison magnétique.

L'auteur s'efforce de démontrer que les pôles magnétiques de l'Europe et de l'Amérique coïncident avec les centres des plus grands froids sur les deux continents. Il attribue donc le déplacement des pôles magnétiques à la même série de phénomènes astronomiques et géologiques qui produisent les changements séculaires du climat.

Cette théorie, ajoute l'auteur, nous amène à la conclusion peu agréable, que nos hivers se prolongeront et augmenteront de rigueur, puisque la déclinaison magnétique continue à diminuer.

Éclairage électrique

Nous apprenons qu'une installation d'éclairage électrique assez importante a été faite dernièrement dans une usine de tissage à Neuvilly (Nord).

Cette installation faite par M. Daix, de Saint-Quentin, comprend 400 lampes de 16 bougies et 2 machines Gramme.

Une Société composée de quelques notables de la Fère se propose d'établir une station centrale dans cette ville. On compte sur environ 2,500 lampes, chez les particuliers et dans les casernes; plusieurs projets ont été présentés, mais il n'y a pas encore de décision prise.

Immédiatement après la fermeture annuelle de l'Opéra de Berlin, on commencera les travaux pour l'installation de la lumière électrique.

L'Administration de l'Opéra a déjà traité avec la Société Edison à cet effet. Les loges des artistes ainsi que la salle de concert sont déjà éclairés à la lumière électrique, et il s'agit maintenant d'étendre l'installation à la scène, à la salle et aux corridors.

Le propriétaire du théâtre de la résidence à Berlin, a également traité avec la Société Edison, pour l'installation de la lumière électrique dans tout le théâtre avant la saison prochaine.

L'éclairage électrique de la ville de Salzbourg sera bientôt en état de fonctionner. La maison Siemens et Halske, chargée de l'installation, fait placer les câbles en ce moment. Un de ces câbles traversera la rivière Salzbach.

On annonce un nouveau projet dont M. Gaulard serait le promoteur pour l'éclairage électrique des boulevards extérieurs de Paris.

Ce projet comprend l'installation de cinq usines placées extra-muros, et d'une puissance de 1000 chevaux chacune. De chaque usine 5 machines de 100 chevaux alimenteront cinq circuits avec un courant de 30 ampères et de 2500 volts, au moyens de générateurs secondaires placés près des lampes à arc; chaque circuit comprendra 150 bougies Jablochkoff et aura une longueur de 6 kilomètres.

Les cinq autres machines de chaque usine desserviront des station établies dans les divers arrondissements de Paris qui fourniront un courant de 100 volts dans un rayon maximum de 500 mètres.

L'administration communale de Bruxelles rencontre de grandes difficultés pour l'installation des machines à vapeur et des dynamos destinées à l'éclairage électrique du théâtre de la Monnaie.

Si le ministre continue à refuser l'autorisation de placer ces machines dans l'Hôtel des Postes, la municipalité se décidera peut-être. dit-on, à acheter un immeuble ou même à en exproprier un dans ce but.

En attendant, divers systèmes sont à l'étude et plusieurs combinaisons ont déjà été soumises à l'administration communale, qui est très désireuse de prendre une décision à bref délai. La commission des théâtres de Bruxelles a été convoquée d'urgence par le bourgmestre pour examiner les projets d'éclairage électrique et pour statuer sur les mesures à adopter avant la réouverture de la saison théâtrale prochaine

Parmi les différentes propositions déjà faites se trouve celles de M. Gérard, dont les conditions sont indiquées comme suit par la *Chronique des Travaux publics* :

Moyennant une somme de 122.000 francs, payable en cas de succès, M. Gérard s'engage à éclairer la salle de la Monnaie par 250 lampes à incandescence, en créant le courant à l'usine à gaz de la ville et le transportant jusqu'à la Monnaie au moyen d'appareils brevetés par lui, qui permettent la transmission du courant à une distance de six kilomètres. De plus, il installe au théâtre une batterie d'accumulateurs susceptible, en cas d'accident, d'assurer l'éclairage pendant cinq heures.

En cas d'insuccès, l'entrepreneur, enlèvera, dans un délai d'un mois, toute son installation sans qu'il y ait lieu à indemnités ni de part ni d'autre.

Il s'engage, en outre, à avoir terminé l'installation au 1er octobre 1887 et en garantit le bon fonctionnement usqu'au 1er janvier 1889, c'est-à-dire penndant quatorze mois.

La petite ville de Marennes dans la Charente-Inférieure va prochainement être éclairée à la lumière électrique au moyen 'une station centrale d'électricité. Une installation semblable sera faite à Vierzon (Cher) par M. Grejbel, le fondateur de l'usine centrale de Saint Agnan.

A l'occasion du Jubilé de la Reine d'Angleterre, la grande tour de la cathédrale de Lincoln, haute de 82 mètres, était éclairée, dans la soirée du 21 juin, au moyen ds 32 foyers à arc de 2000 bougies, soit en tout 64.000 bougies; quatre de ces foyers étaient placés à 12 mètres au-dessus du sommet de la tour, et comme la cathédrale de Lincoln est située sur une colline de 90 mètres, la hauteur totale des lampes, au-dessus du niveau du pays était de 180 mètres environ.

L'installation avait été faite par MM. Robey et C° de Lincoln, et la lumière était visible jusqu'à Doncaster et York.

Les bureaux du journal anglais l'*East Anglican Daily Times*, à Ipswich, sont maintenant éclairés entièrement à l'électricité.

Le courant est fourni par une dynamo de 150 foyers placée dans le sous-sol, et marchant à 800 tours par minute et donnant 100 ampères à 100 volts. Il y a six différents circuits pour les différentes salles à éclairer, et chaque circuit est pourvu d'un interrupteur magnétique breveté par MM. Paris et Scott, qui peut être disposé de sorte que, s'il y a le moindre excès de courant, celui-ci

sera interrompu avant d'avoir pu causer le moindre accident aux lampes.

Ces interrupteurs peuvent également servir de commutateurs.

Télégraphie et Téléphonie

Le nombre des abonnés au réseau téléphonique de Paris est actuellement de 5010. Dans les provinces la Société des Téléphones compte un total de 2283 abonnés répartis sur 10 réseaux.

Des expériences de télégraphie et de téléphonie simultanées ont eu lieu au Japon sur la demande du ministre des travaux publics entre Takaraki et Jokogava, une distance de 32 kilomètres. Les résultats semblent avoir été très satisfaisants et le gouvernement japonais paraît décidé à les poursuivre.

Le rapport de l'assemblée générale des membres de la Société coopérative des Téléphones à Bergen en Norwège fixe le nombre des abonnés pour 1886 à 600 sur une population de 30. 000 habitants. Le nombre des communications établies pendant l'année dépasse 500.000 et le prix de l'abonnement a été de 80 francs par appareil.

Le *Journal Officiel* de Madrid, contient, à la date du 26 juin, un décret royal accordant à M. J. R, Vizcarrando, le droit d'établir et d'exploiter un câble télégraphique entre les îles de Cuba et Haïti.

Le rapport publié dernièrement pour l'année 1886, par l'administration des télégraphes en Suède, donne comme longueur des lignes de l'Etat, 8500 kilomètres avec 22.000 kilomètres de fil.

Le nombre des bureaux était, à la fin de l'année, de 912 dont 740 appartenant aux chemins de fer.

Le directeur des télégraphes a proposé de réduire le prix des dépêches à l'intérieur du royaume, à cinq centimes par mot, avec un prix minimum de 75 centimes environ par dépêche, mais, cette réduction entrainerait une perte, pour le trésor, estimée à 150.000 francs, la réforme proposée a été renvoyée à un moment plus favorable.

En Norvège, les télégraphes de l'Etat ont transmis, en 1886 un total de 720.000 télégrammes, dont 315,000 pour l'étranger.

Les recettes se sont élevées à 1.375.000.

La loi du 28 juillet 1885, relative à l'établissement, à l'entretien et au fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques, a été rendue applicable à la colonie du Sénégal.

L'administration des télégraphes en Suisse, annonce que le nombre des dépêches transmises en 1886, a été de beaucoup supérieur au trafic de l'année précédente.

L'augmentation a surtout été considérable pendant les derniers six mois de l'année, à la suite du nouveau tarif réduit, établi par la conférence de Berlin.

Depuis le premier octobre 1886, l'emploi des timbres télégraphiques a été aboli en Suisse.

La longueur totale des lignes télégraphiques existantes à la fin de 1886, était de 7784 kilomètres, avec 21.538 kilomètres de fils.

Le nombre des bureaux était, à la même date de 1335, desservis par 1751 employés.

La téléphonie est également en progrès sensible. Les recettes totales qui, en 1885 étaient de 633.745 francs, ont été de 960.411 francs en 1886.

Les réseaux ont également été développés, notamment par la reprise par l'État du réseau de Zurich, qui eut lieu le premier janvier 1886.

Le nombre des réseaux téléphoniques était de 41, avec 4998 abonnés, ayant 5834 appareils.

La longueur des lignes était de 1804 kilomètres, avec 6135 kilomètres de fils. Le personnel de ce service ne comprend que 83 personnes.

Le premier réseau téléphonique appartenant à l'Etat, en Autriche, a inauguré, le 29 juin dernier, à Reichenau. Le nombre des abonnés est encore assez restreint, mais on a déjà installé une dizaine de bureaux publics.

Les autorités municipales de Mexico viennent de renouveler le traité avec la compagnie de lumière électrique pour une nouvelle période de 3 ans, et aux conditions suivantes :

Les rues seront éclairées par la compagnie, pendant 2750 heures par an ; la compagnie recevra, pour chaque foyer électrique de 2000 bougies au moins, une somme de 156 francs par mois.

Le ministre du commerce en Hongrie, a donné son consentement à une réduction sensible des droits perçus par l'État sur les téléphones, à Budapest, de sorte que l'abonnement qui, jusqu'ici, était de 30 francs par mois, sera prochainement diminué, probablement jusqu'à 24 francs par mois.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9 ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 23 JUILLET 1887 N° 30

SOMMAIRE. — Nouveau système de Hughes quadruplex ; P. M. — La télégraphie sous-marine (suite) ; E. Wunschendorff. — Sur la téléphonie à grande distance (suite) ; Vaschy. — Nouveaux appareils de mesure ; E. Meylan. — De l'influence du champ magnétique sur la conductibilité calorifique du bismuth ; A. Righi. — L'éclairage électrique de l'école professionnelle de Berlin ; E. Dieudonné. — De l'étalonnage des appareils de mesure ; à propos du voltamètre de M. Minet ; P. H. Ledeboer. — Revue des travaux récents en électricité : nouveau dynamomètre de transmission de M. Raffard, par M. Hillairet. — Représentation optique des mouvements d'une membrane téléphonique, par le Dr. O. Froelich. — La sirène téléphonique de M. Karsten. — Sur l'électrisation de l'air, par M. Nahrwold. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Autriche ; J. Kareis. — États-Unis ; J. Wetzler. — Variétés : Une nouvelle forme d'électricité, le Nervisme, et la Société Internationale des Électriciens ; E. M. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettre de M. Van Vloten. — Faits divers.

NOUVEAU SYSTÈME

DE

HUGHES QUADRUPLEX

DE M. MADON

Le trafic télégraphique prenant de jour en jour des proportions plus grandes, les efforts des inventeurs se portent sur la réalisation de types pratiques d'appareils rapides, en particulier sur les systèmes dits *multiples*.

Das cet ordre d'idées nous croyons intéressant de décrire à grands traits un nouveau dispositif qui parait appelé à un réel succès.

L'inventeur M. Madon, l'a désigné sous le nom de *Hughes-quadruplex* que nous lui conservons.

Au lieu de créer un appareil couteux et capable d'exiger de longues études et de pénibles tâtonnements, l'inventeur a tenu à utiliser le Hughes qui est arrivé aujourd'hui à une perfection presqu'absolue, et un personnel tout formé, parfaitement au courant du service.

Il a seulement dû apporter quelques modifications de détail au manipulateur, c'est-à-dire à la boîte à goujons ou au chariot. De plus M. Madon a dû ajouter un distributeur, à un ensemble de 4 Hughes qu'il emploie concurremment, mais, (nous y insistons de nouveau), il a trouvé une solution élégante et économique de ce problème difficile : « obtenir, presque sans accroissement de dépenses, avec un matériel existant et familier aux employés, un rendement très supérieur au rendement actuel, et égal à celui des systèmes les plus rapides, *tout en lui conservant les facilités de combinaisons spéciales à cet appareil, comme en travail simple* ».

Le principe est le suivant :

Transmettre les signaux de *n* Hughes d'un poste à l'autre, en les faisant passer, par des organes intermédiaires, chargés d'en restreindre d'abord la durée et l'espacement, de manière à en écouler un plus grand nombre sur la ligne dans un temps donné, puis les rétablir intégralement dans leurs limites normales ».

Pour atteindre ce but, l'inventeur emploie au départ comme à l'arrivée, un distributeur (décrit plus loin) et 4 hughes.

Nous n'insisterons pas sur le rôle général des appareils dits *distributeurs*.

Les électriciens sont depuis longtemps, familiarisés avec eux, grâce à leurs applications multiples, aux systèmes Rouvier, Meyer, Baudot, Schœffler, Munier, Delany, etc....

Nous supposerons connus le principe et le fonc-

tionnement de l'appareil Hughes, qui figure d'ailleurs aujourd'hui dans les traités classiques de physique

Au départ, le distributeur condense et fixe momentanément, sur *un quart* de cercle les effets locaux accomplis sur le cercle entier des goujons pendant une révolution du chariot ; puis il transporte électriquement ces signaux sur la ligne à l'aide d'un frotteur central, avec une vitesse quadruple de celle des actions initiales.

A l'arrivée, les courants reçus sont d'abord recueillis sur un secteur uni et dirigés dans un organe électro-mécanique, qui transforme à son tour les actions électriques extérieures en actions électriques locales, réparties et *fixées momentanément* sur les divisions d'un *cercle complet*.

Pour fixer les idées, supposons deux distributeurs RR' (v. fig. 1) divisés chacun en 4 secteurs ABCD; A'B'C'D'.

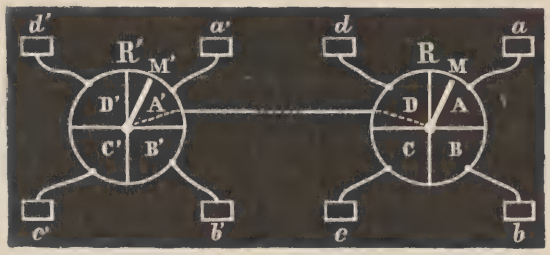


Fig. 1

A chaque secteur correspond un appareil Hughes.

Soient 2 bras M,M', mobiles autour des centres de R et R' et parcourant les secteurs de ces deux distributeurs.

L'appareil *(a)* transmet par exemple le mot *cou*; le chariot de *(a)* fera d'abord enregistrer C puis O et U dans une seule révolution.

Ces signaux sont transportés électriquement, et au fur et à mesure de leur formation, sur les contacts C,O,U, du secteur A correspondant à l'appareil *(a)* ; puis ils seront *ramassés* au passage par le bras M du distributeur, qui les enverra sur la ligne dans un temps quatre fois plus court que le temps d'émission.

A l'arrivée le distributeur R' enregistrera ces trois émissions sur le secteur A' (soit sur 1/4 de circonférence) et les répartira en les *fixant momentanément* sur la couronne (5) (voir fig. 3), jusqu'à ce que le bras M' les recueille et les envoie dans le récepteur *(a')* qui reproduira dans un seul tour de sa roue des types, les lettres C,O,U.

Ainsi, quoique les vitesses des appareils et des distributeurs soient égales, le travail effectué par un des chariots dans une révolution complète, se trouve intégralement reproduit par un déplacement angulaire de 90° du mobile M.

Il est facile de voir que les trois autres quarts de tours du distributeur resteront à utiliser respectivement pour les trois autres appareils.

Examinons maintenant chacun des appareils, *transmetteurs*, *transformateurs* ou *récepteurs*.

Départ

Transmetteur-enregistreur mécanique de départ. — Au-dessus de chaque goujon du transmetteur se trouve un levier horizontal AOB (fig. 2), isolé du reste du massif, qui peut basculer entre deux couronnes métalliques unies, superposées, reliées, l'une au pôle positif d'une pile de ligne, l'autre au pôle négatif.

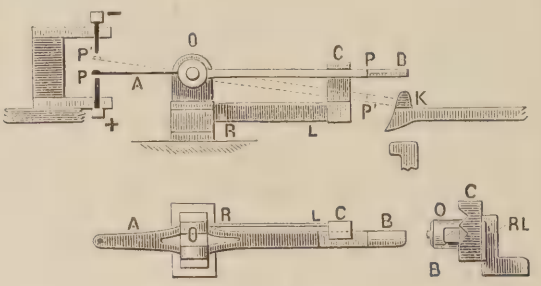


Fig. 2

Une came K placée sur les bords de la lèvre mobile du chariot, relève trois leviers lorsqu'elle est soulevée par un goujon et les amène au contact de la couronne positive.

Chaque levier (voir fig. 2) mobile en O, peut prendre les positions PP' en passant de l'encoche inférieure à l'encoche supérieure du bloc C.

Le ressort plat RL, qui porte le bloc métallique C, permet les déplacements latéraux de celui-ci.

Ces leviers prennent alors le courant positif et l'amènent aux contacts convenables du secteur correspondant du distributeur, auxquels ils sont reliés.

Tout reste en cet état jusqu'au tour suivant. A ce moment, une came montée sur la partie fixe du chariot et un peu en avant de ce dernier (dans

le sens du mouvement) ramène les leviers contre les buttoirs de repos.

Tous les leviers actionnés pendant un tour, sont ainsi abaissés un peu avant que le chariot ne passe à nouveau au-dessus des goujons correspondants.

Il est évident que ce que nous disons pour un des goujons s'applique à tous.

Distributeur

Comme chaque poste reçoit et transmet, il doit y avoir similitude entre le distributeur de départ et celui d'arrivée. Mais il faut considérer séparément le rôle de ces appareils au point de vue :

1° Du départ au-delà de la transmission ;

2° Au point de vue de l'arrivée, c'est-à-dire de la réception, de la transformation et de la répartition des courants.

Départ ou transmission. — Le distributeur (fig. 3) porte 2 couronnes (1 et 2).

L'une est continue et reliée à la ligne ; l'autre est divisées en 4 secteurs.

Deux de ces secteurs sont à leur tour divisés en 28 contacts, affectés au service d'un appareil.

Les 28 leviers enregistreurs du transmetteur, sont réunis respectivement à l'une de ces 28 subdivisions.

Le 28° contact, Z, est trois fois plus long que les autres, afin que l'émission du courant ait une durée égale à celle d'un signal quelconque.

Enfin des contacts supplémentaires, diamétralement opposés, sont ménagés pour le maintien du synchronisme entre les deux postes.

Nous avons dit que la vitesse du bras du distributeur est la même que celle d'un chariot transmetteur, et expliqué comment la vitesse d'émission sur la ligne est quadruple, de celle du chariot.

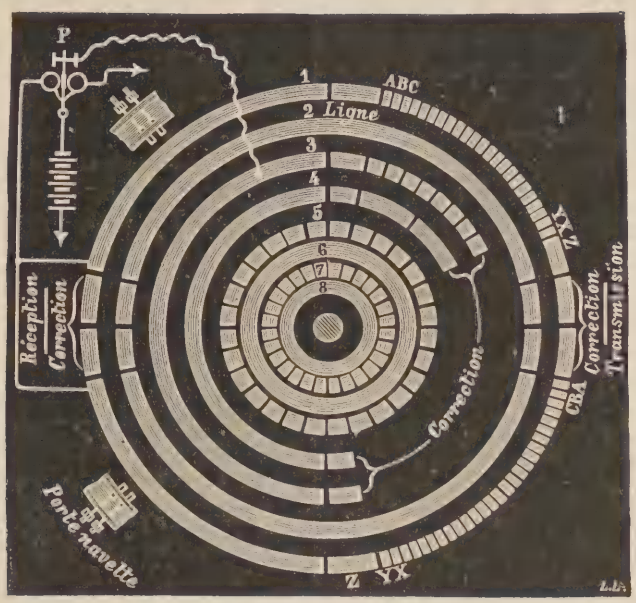


Fig. 3

Si l'on se reporte à la disposition de la palette de l'enregistreur mécanique au départ, on voit que chacun des 28 contacts du distributeur reliés aux leviers enregistreurs, émet toujours sur la ligne, par l'intermédiaire du bras du distributeur, un courant positif ou négatif, suivant que la palette correspondante a été élevée ou abaissée par la lèvre du chariot.

Une seule pile, avec mises à la terre convenables, peut suffire pour la transmission, puisque les divers contacts du distributeur ne sont touché, que successivement par le mobile M. Les deux pôles sont amenés aux divers buttoirs par deux couronnes métalliques, concentriques à la boîte à goujons.

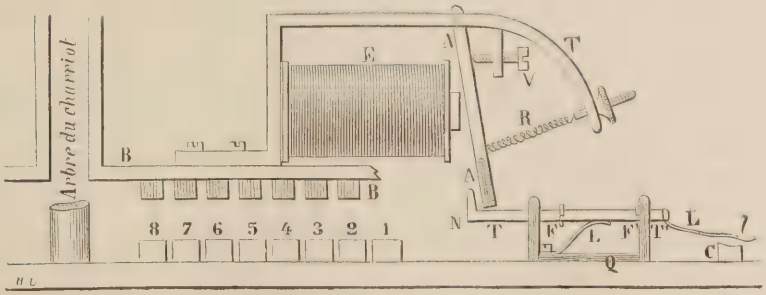


Fig. 4

La marche du courant est la suivante : supposons un goujon soulevé ; les trois leviers correspondants basculent et électrisent trois contacts de la couronne 1 ; soient ABC. Le balai 1 réuni métalliquement au balais 2, fait passer le courant, de la couronne 1 sur la couronne 2, c'est-à-dire sur la ligne.

On se demandera pourquoi l'on recueille le courant de trois contacts au lieu d'un seul. Ce dispositif a pour but de compenser par l'envoi d'émis-

sions consécutives extrêmement rapprochées (qui s'ajoutent à l'arrivée ainsi que nous allons le voir), le défaut de longueur d'une seule émission.

De ces trois *portions* de courant, l'une servira à annuler une quantité égale, *négative*, qui charge la ligne : Les deux autres, arrivant dans le relais polarisé et de là sur la couronne 3, actionnent deux fois plus longtemps l'électro E (fig. 4) monté sur le bras du distributeur. L'armature de celui-ci entraînera deux navettes : deux contacts consécutifs d'une des couronnes 5 et 7 (suivant qu'il s'agit d'un récepteur ou de l'autre) seront électrisés.

Le courant du premier, actionnera le Hughes récepteur, qui, dans son mouvement, mettra le courant du second contact à la terre. Grâce à cet artifice la durée des contacts qui, de prime abord. paraissait insuffisante, se trouve parfaitement assurée.

Considérons maintenant le distributeur d'arrivée.

Arrivée

Distributeur et transformateur

Les courants de ligne sont reçus dans les secteurs unis des couronnes 1 et 2, décrites plus haut, puis envoyés dans un relais polarisé. Celui-ci fournit le courant local qui sert à l'enregistrement des signaux.

Supposons, pour un instant, ce résultat obtenu, et poursuivons la description des organes.

Les 28 contacts d'une couronne affectée à la réception (5 ou 7) sont reliés à un des contacts C de l'enregistreur d'arrivée (fig. 4).

Cette disposition permet de disjoindre les signaux de manière que le balais 5 du bras du distributeur, les recueille sur la couronne 5 dans un temps quatre fois plus long.

A côté des couronnes à 28 contacts, s'en trouvent deux autres unies (6 et 8) reliées respectivement à des récepteurs Hughes.

Les signaux seront ainsi rétablis avec leur espace normal et envoyés aux récepteurs.

A l'arrivée, en effet, comme au départ, le bras du distributeur fait un tour en même temps que la roue des types.

Quant aux couronnes 3 et 4 elles ont à jouer un rôle spécial pour l'enregistrement des signaux à l'arrivée et pour la correction locale.

Enregistrement des signaux à l'arrivée

Les courants de ligne étant passés de la couronne 2 sur la couronne 1, sont reçus dans le relais polarisé. Ce relais envoie à la couronne 3 un courant local qui se rend à la terre par la couronne 4, après avoir traversé et actionné l'électro E porté par le bras BB du distributeur et entraîné, par suite, dans son mouvement de rotation.

En fonctionnant, l'armature de l'électro E déplace des tiges ou *navettes* TT′ au nombre de 28 par clavier, disposées sur le contour extérieur du distributeur (fig. 4) et chargées d'effectuer l'enregistrement des signaux à l'arrivée.

Chaque navette est formée d'une tige métallique TT′ glissant dans les deux faces d'un équerre annulaire PPP′ portant d'un côté un *doigt* en plan incliné N, contre lequel vient butter l'armature AA, et de l'autre côté un ressort lame L, coudé à son extrémité libre *l*.

Lorsque A entraîne une tige TT′, *l* vient se placer dans l'encoche d'un bloc C et reste dans cette position, jusqu'à ce qu'une autre came portée aussi par le bras du distributeur, mais placée un peu en avant (dans le sens du mouvement), ramène TT′ à sa position première.

Quand l'un des ressorts *l*, repose dans une des encoches C, le courant local passant de L *l* en C électrise un des contacts des couronnes 5 ou 7. Le balais correspondant à cette couronne envoie le courant, ainsi recueilli, dans l'appareil, qui se trouve actionné et reproduit alors le signal émis au départ.

Comme dans tous les appareils similaires, il est nécessaire qu'il y ait concordance parfaite entre les vitesses des appareils, transmetteur et récepteur.

Pratiquement, on obtient ce résultat par divers moyens, variables d'ailleurs avec chaque système. Dans l'appareil dont nous parlons, les dispositifs spéciaux destinés à corriger les écarts de vitesse ont été étudiés avec un soin tout particulier. Comme nous n'avons voulu donner qu'un aperçu théorique du quadruplex de M. Madon, nous n'entrerons pas dans le détail des organes régulateurs et correcteurs.

Nous dirons seulement que les difficultés ont été tournées et le but atteint d'une façon très simple et très heureuse, par M. Fonquernie, mécanicien des Postes et Télégraphes français que l'inventeur s'est adjoint.

L'idée de transmettre les signaux Hughes d'un poste à l'autre en les faisant passer par des organes intermédiaires chargés d'en restreindre d'abord la durée et l'espacement de manière à en écouler un plus grand nombre sur la ligne dans un temps donné, puis de les rétablir ensuite intégralement dans leurs limites normales, est neuve et originale.

D'autre part, l'idée d'utiliser un matériel tout construit, parfaitement connu, avec le concours d'un personnel tout formé et très exercé, est non-seulement pratique, mais, en outre, fort appréciable au point de vue économique.

Si l'on réfléchit que la moyenne (très ordinaire) de rendement d'un hughes, est de 40 dépêches à l'heure, et que le quadruplex Madon donnerait au minimum sur de longues lignes, quatre fois ce nombre ou 160 dépêches, et sur des lignes moyennes, 50 télégrammes par heure et par clavier ou 200 dépêches par heure, on voit que le nouveau système mérite que l'on s'y arrête.

Si, d'autre part, nous supposons les dépêches, non pas de 20 mots, comme dans l'évaluation ci-dessus, mais de 10 mots seulement, nous trouvons un rendement qui ne le cède en rien aux multiples les plus rapides.

P. M.

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

PREMIÈRE PARTIE

Le câble d'atterrissement, de 28 milles de longueur, fabriqué à *North Woolwich* par M. Henley, fut embarqué sur un bâtiment spécial et immergé le 22 juillet 1865. Le lendemain, le *Great Eastern*, commandé par le capitaine Anderson, souda l'extrémité de son câble à celle du câble d'atterrissement et se dirigea vers l'Amérique, avec une vitesse de six nœuds, escorté par deux navires de guerre de la marine britannique, le *Sphinx* et le *Terrible*. L'ingénieur Canning dirigeait les opérations de pose ; MM. W. Thomson et F. Varley étaient chargés de la partie électrique.

Un premier défaut se déclara le 24, après l'immersion de 84 milles de câble. On se décida à relever (fig. 34) la partie immergée jusqu'au défaut qu'on trouva (fig. 35) après avoir retiré de la mer dix milles et demi de câble ; celui-ci avait été traversé diamétralement par un morceau de fil de fer qui mettait le conducteur central en cuivre en communication directe avec l'eau de mer. La partie défectueuse fut retranchée et le déroulement repris immédiatement après la confection de l'épissure.

Le 29 juillet, lorsque 716 milles de câble étaient immergés, une nouvelle perte plus sérieuse que la première, se manifesta. On recommença la pénible opération du relèvement et, après neuf heures de travail, on remonta à bord le défaut qui fut réparé. En dépouillant le câble, on trouva encore un bout de fil de fer qui traversait le câble de part en part : L'inquiétude gagna tout le monde et fut d'autant plus vive que l'on crut devoir attribuer ces différents accidents à la malveillance.

Le 2 août, une nouvelle faute fut signalée : on était aux deux tiers de la route, 1186 milles de câble se trouvant déjà immergés. Il fallut reprendre le relèvement par 2000 brasses de fond. On avait retiré de la mer un mille de câble, lorsqu'une avarie survint à la machine de relèvement. Le *Great Eastern* ayant dû stopper lui-même, resta à la merci du vent et de la houle ; le câble, exposé à de fortes tractions, s'endommagea gravement en deux places et, avant qu'on eût pu hâler à bord les deux parties avariées, se rompit et tomba à la mer.

M. Canning se décida immédiatement à essayer de repêcher le câble, malgré les 2000 brasses d'eau qui le recouvraient, et bien qu'on n'eût jamais jusqu'alors dragué à cette profondeur. On descendit dans la mer un grappin en fer attaché à un cordage métallique qu'on avait emporté, pour le cas où on aurait à placer un repère dans la mer, ou à couper le câble, par suite de quelque accident imprévu, et à le rattacher temporairemen à une bouée ; le cordage, divisé en pièces de 100 brasses de long chacune, mesurait en totalité 5000 brasses. Le bâtiment se mit ensuite à courir de petites bordées en travers de la ligne du câble englouti. Au bout de quinze heures de cette manœuvre, on reconnut, à la tension indiquée par le dynamomètre, que le câble avait été saisi et on le

---

[1] Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* du 16 juillet 1887.

remonta avec le grappin. On avait déjà relevé 700 brasses de cordage métallique, lorsqu'un des anneaux en fer d'un maillon de jonction céda et laissa retomber à la mer tout ce qui se trouvait en dehors du navire. L'opération fut reprise, avec des cordes, à deux milles plus à l'ouest, sur des fonds de 2300 brasses. Le 8 août, le câble fut de nouveau saisi; lorsqu'il ne se trouva plus qu'à 500 brasses du navire, l'un des anneaux de jonction se brisa encore sous une tension qui atteignit 9 tonnes.

On tenta un dernier effort: une première fois le grappin s'embarrassa dans la corde et dut être relevé; une deuxième fois, tandis qu'on relevait la drague dont la tension allait croissant, une rupture se produisit de nouveau près du cabestan, lorsqu'on avait déjà retiré 765 brasses de corde de la mer. Les ressources en matériel de dragues

Fig. 34 — Relevage du câble atlantique dans la journée du 24 juillet 1865

étant complètement épuisées, il fallut abandonner l'opération et la flottille se dispersa.

Les résultats de cette nouvelle campagne, quelque désastreux qu'ils fûssent au point de vue financier, loin d'abattre le courage des promoteurs de l'entreprise, ne servirent qu'à exciter leur énergie, en leur démontrant la probabilité et presque la certitude d'une réussite complète et prochaine. Par les plus gros temps, le *Great Eastern* avait fait preuve d'une stabilité remarquable: ses dimensions, sa facilité d'évolution due à la présence simultanée d'une hélice et de deux roues à aubes, en faisaient comme le navire type de ce genre d'opérations. Si la machinerie de relèvement s'était montrée insuffisante, celle de pose n'avait donné lieu à aucune critique sérieuse. On avait constaté la possibilité de draguer et entrevu celle de relever un câble sur des fonds de 2000 brasses. Enfin, on avait reconnu que, grâce, à la fois à la basse température des eaux profondes de l'Océan et à la pression énorme à laquelle est soumis le câble au fond de la mer, l'isolement de la gutta-percha après son immersion est plus que centuplé; tandis que la conduc-

tibilité du cuivre, tout en profitant de l'abaissement de la température, n'est pas affectée sensiblement par la pression.

La loi anglaise ne permettant aux Compagnies ni d'augmenter leur capital, ni de contracter un emprunt, l'*Atlantic Telegraph C°* se sacrifia pour faire place à une nouvelle société, l'*Anglo-American C°*, qui se forma au capital de quinze millions de francs et se proposa non seulement d'immerger un nouveau câble entre l'Irlande et Terre-Neuve, mais de réparer et compléter celui qui gisait au fond de la mer. M. G. Saward, secrétaire de la Compagnie, ayant réussi à faire souscrire le capital social, une longueur de 1600 milles marins de câble fut commandée à MM. Glass Elliott et Cie: la longueur totale disponible au départ de l'expédition devait par suite être de 2730 milles, dont 1960 milles prévus pour constituer

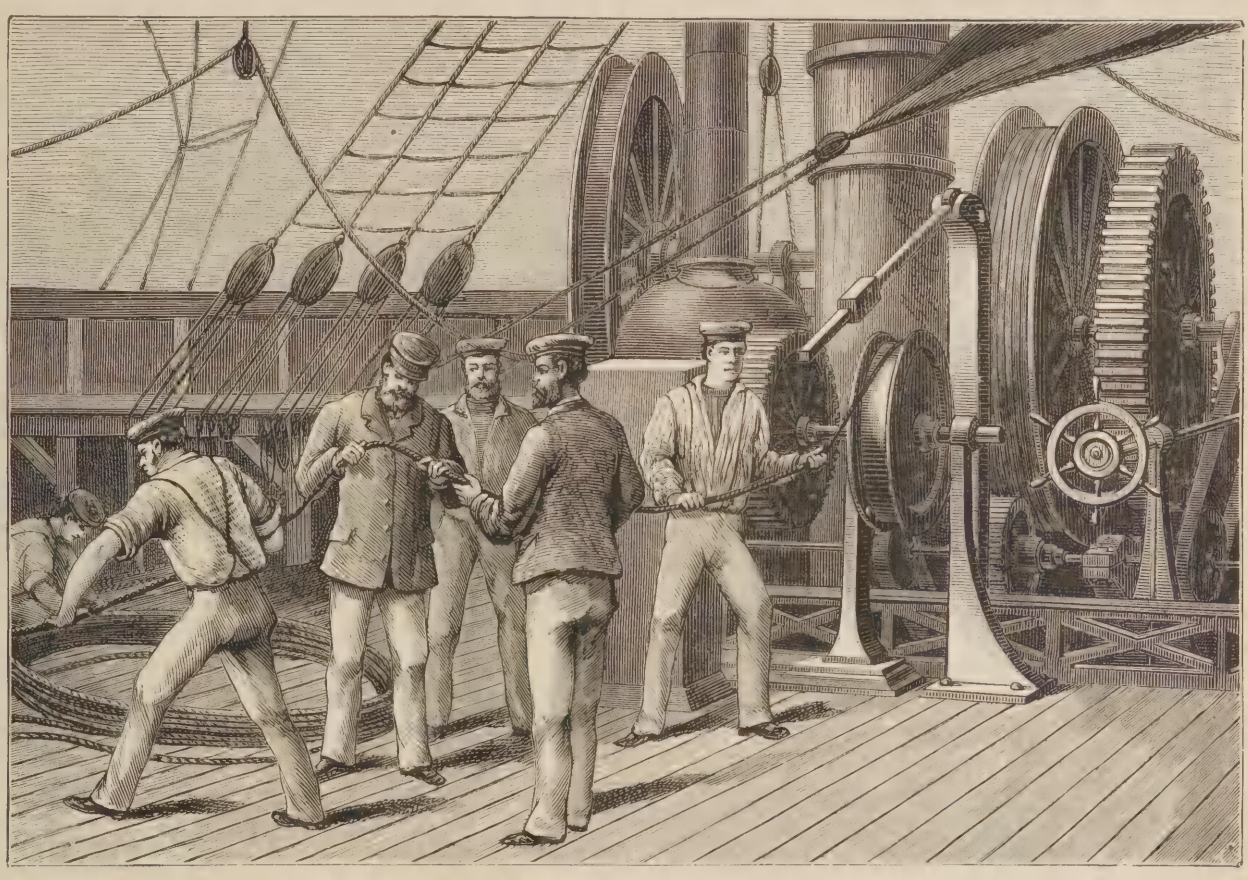


Fig. 35. — Recherche de la faute dans la partie relevée du câble atlantique

le nouveau câble, 697 pour compléter l'ancien, et les 113 milles restants comme réserve pour l'imprévu. Le mou ou différence entre la longueur de câble dépensée et le chemin parcouru par le navire, n'ayant été que de 8 pour cent, l'approvisionnement de câble ainsi préparé devait être suffisant.

L'âme du nouveau câble fut exactement semblable à celle du câble de l'année précédente: mais on renonça à soumettre les bobines d'âme à des essais électriques sous pression, celle-ci, loin de rendre les défauts apparents, tendant au contraire à les masquer. Les fils de fer de l'armature (fig. 36) furent galvanisés et on supprima la composition dont était enduit le jute qui entourait ces fils. Le câble devait peser, par mille, dans l'air 1600 kilogrammes, dans l'eau 740 kilogrammes et résister à une traction de 8,25 tonnes; son diamètre total devait être de 27 millimètres. Le câble d'atterrissement n'eut plus qu'une seule armature et celle-ci fut composée de douze fils de fer jointifs que l'on recouvrit d'une enveloppe de chanvre imprégné d'une composition bitumineuse. On devait immerger, à partir de la côte d'Irlande, huit milles

de câble de ce type et du modèle le plus fort ; à sa suite devaient être soudés huit milles de câble d'un modèle un peu plus faible et enfin quatorze milles d'un troisième câble semblable, mais d'un modèle encore plus réduit, portant ainsi la longueur totale de l'atterrissement irlandais à trente milles. Cinq milles avaient, au contraire, été jugés suffisants pour l'atterrissement de Terre-Neuve.

La machinerie de pose du *Great Eastern* qui avait été installée avec le plus grand soin par MM. Canning et Clifford, se composait (fig. 37) de six roues à gorges, verticales, placées les unes derrière les autres et supportant chacune une poulie jockey assez étroite pour pouvoir s'engager dans

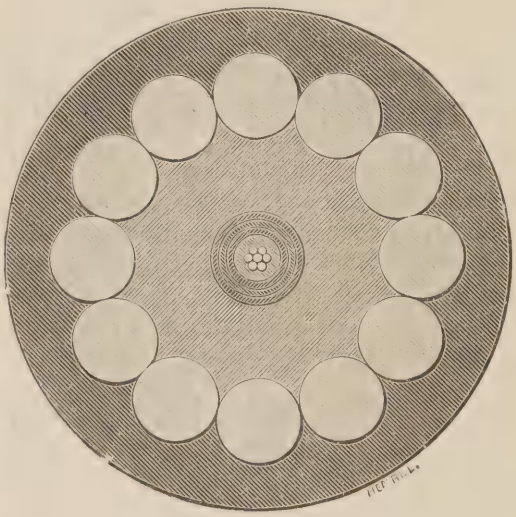


Fig. 33

la gorge des roues. Les poulies jockeys pouvaient tourner autour d'axes soutenus par des chapes mobiles autour de leur extrémité opposée : le levier placé dans le prolongement de la chape pouvait être chargé de poids, de manière à ce que l'on pût faire varier à volonté la pression exercée par les jockeys sur les roues et par conséquent sur le câble qui passait entre les roues et les jockeys. Sur l'axe qui supportait chacune des six roues à gorges était monté un petit frein que l'on serrait ou desserrait à la main. Le câble, en sortant de la cuve, passait dans un guide, traversait en ligne droite l'espace resté libre entre les six roues à gorges et leurs poulies jockeys, et arrivait, guidé par un rouleau, à un grand tambour de deux mètres de diamètre et de trente centimètres de largeur, sur lequel il faisait quatre tours, s'enroulait sur un autre tambour semblable séparé du premier par un rouleau guide, enfin passait sous un dynamomètre et tombait à la mer guidé par une roue à gorge qui surplombait l'arrière du navire.

L'axe de chaque tambour portait deux freins du système Appold, semblables à ceux qui accompagnaient les six roues à gorge et tournant dans des auges remplies d'eau : pour éviter tout échauffement du câble, celui-ci était arrosé abondamment à son passage dans les poulies jockeys. Les deux tambours et les freins correspondants devaient se servir réciproquement de rechange, de manière que l'un de ces systèmes fût toujours prêt à fonctionner dans le cas où une avarie surviendrait à l'autre. Les freins étaient serrés et desserrés par l'intermédiaire d'une chaîne qui s'enroulait sur l'axe d'une roue de gouvernail que manœuvrait un homme placé près du dynamomètre.

Cette installation fut complétée par l'addition d'une machine à vapeur de 70 chevaux actionnant les deux grands tambours, afin que la machinerie de pose pût servir au relevage du câble, dans le cas où cette opération deviendrait nécessaire durant l'immersion, en évitant ainsi les dangers que présente le transport du câble de l'arrière à l'avant du navire.

La machinerie spéciale de relèvement fut considérablement renforcée et complétée par deux tambours de 1,70 mètre de diamètre actionnés par une machine à vapeur de 70 chevaux. Des machines analogues furent installées sur les deux bâtiments, la *Medway* et l' *Albany* qui devaient assister le *Great Eastern* dans ses travaux.

En vue des dragages auxquels devaient donner lieu l'achèvement du câble de 1865, on fabriqua vingt milles d'un cordage composé de quarante-neuf fils de fer de 2,2 millimètres de diamètre entourés séparément de chanvre de Manille. Six de ces fils étaient d'abord tordus autour d'un septième de manière à former un toron ; six torons semblables étaient ensuite câblés autour d'un septième. La résistance à la rupture de ces cordages était de 29 tonnes 1/2.

A ce matériel on ajouta encore cinq milles de cordages pour bouées, des bouées de modèles différents et dont les plus grandes pouvaient porter 20 tonnes de poids utile, enfin des grappins, les uns destinés simplement à labourer le fond de la mer, d'autres fig. 38), munis de ressorts pour

empêcher le câble de s'échapper pendant que le grappin traînerait encore sur le fond, d'autres en forme de pinces, destinés à saisir fortement le câble quand il serait soulevé ; d'autres enfin, à bords intérieurs tranchants, destinés à couper le câble une fois qu'il serait soulevé à une certaine hauteur.

Les machines motrices du *Great Eastern* reçurent également diverses améliorations : les deux roues à aubes furent réduites pour diminuer la vitesse du navire qui ne devait pas dépasser six nœuds et rendues indépendantes l'une de l'autre, pour permettre au bâtiment de tourner rapidement sur lui-même ; l'hélice fut enveloppée d'une cage métallique pour en éloigner les câbles et cordages de dragues ou de bouées.

Les méthodes d'essais électriques furent, en outre, perfectionnées de telle sorte que l'isolement

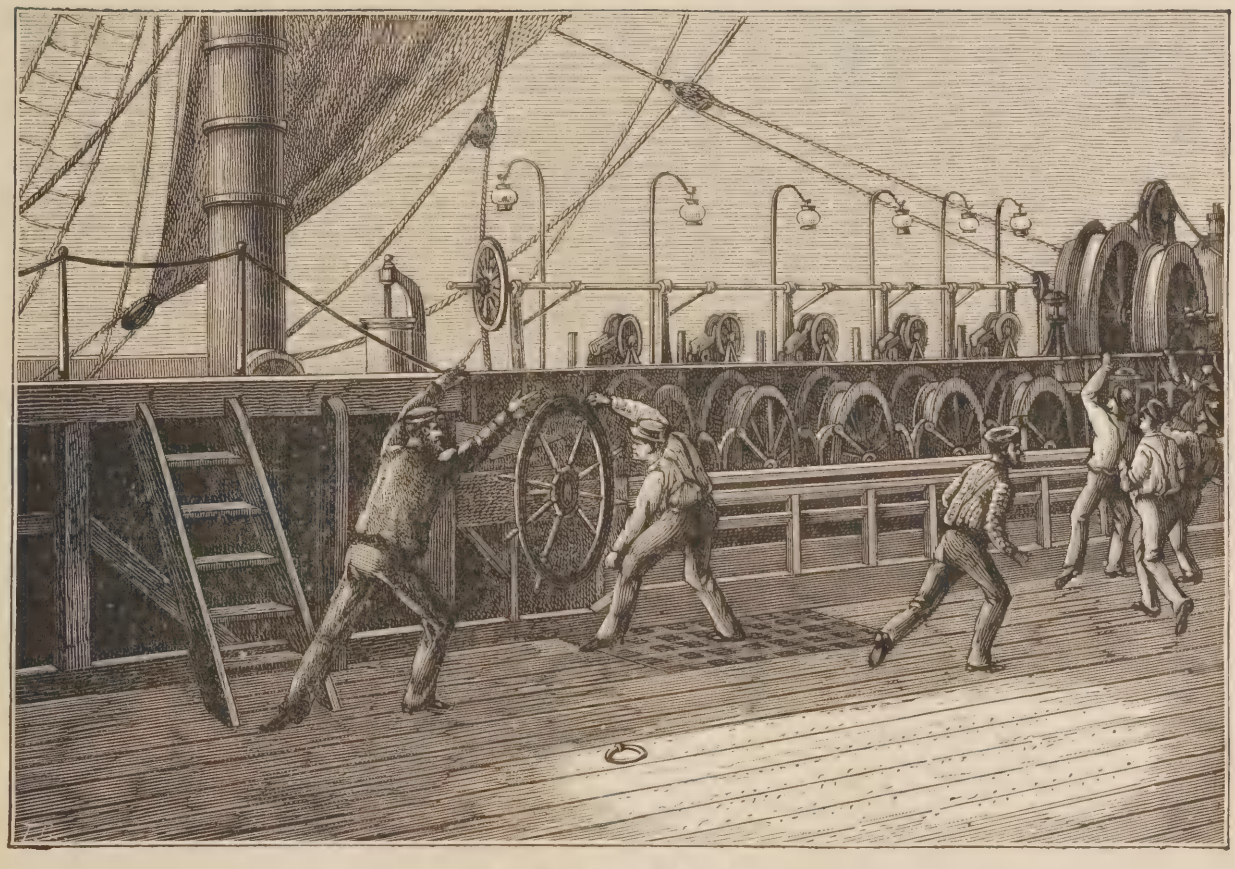


Fig. 3[illegible]. — Rupture du câble

du câble fût indiqué par les appareils sans aucune interruption, même durant la mesure de la conductibilité du conducteur ou l'échange des transmissions avec Valentia. On ne risquait plus ainsi de laisser sortir du navire un point défectueux du câble pendant sa pose.

Le 30 juin 1866, le *Great Eastern*, suivi de la *Medway* qui, en outre du câble d'atterrissement destiné à la côte américaine, avait reçu 45 milles de câble de mer profonde, et de l'*Albany*, se rendit de la Tamise à Valentia où il trouva le *Terrible* et le *Raccoon*, de la marine royale britannique, qui avaient reçu mission d'accompagner l'expédition.

Le 7 juillet, le *William Cory* porta à terre, dans la baie de Foilhommerum, le câble d'atterrissement et en immergea ensuite 27 milles : le 13, la soudure de ce câble fut faite à bord du *Great Eastern* sur les trois milles de câble semblable qui étaient lovés par-dessus le câble de grands fonds et le déroulement commença aussitôt après. Le navire suivit une route parallèle à celle qu'il avait faite l'année précédente, à 27 milles environ plus au sud, et le 27 juillet, arriva dans la baie

d'*Heart's Content*, ayant heureusement terminé la première partie de sa mission. La longueur totale de câble immergé n'était que de 1852 milles.

Il restait encore à trouver l'extrémité du câble qui s'était rompu le 2 août 1865 à 604 milles de Terre-Neuve, à la remonter jusqu'au navire pour l'épisser sur le câble en réserve à bord, et à compléter l'opération si malheureusement interrompue l'année précédente. On se fera une idée des difficultés de cette entreprise en remarquant que le câble reposait sur le fond de la mer, à plus de 2000 brasses de profondeur, sans aucun repère visible pour en indiquer la position, les bouées qui avaient été immergées après l'accident, ayant disparu depuis longtemps, soit que la tempête les eût fait chasser sur leurs ancres, soit que le clapotement ininterrompu de l'eau eût coupé à la longue les cordages métalliques qui les rattachaient au fond. Des observations astronomiques seules pouvaient donc permettre de retrouver la route suivie par le *Great Eastern* en 1865 et par suite le tracé du câble : or, ces observations, qui exigent un ciel découvert et ne peuvent être répétées fréquemment, laissent néanmoins encore une certaine incertitude dans la position exacte du navire, en raison des courants si variables qui sillonnent l'Océan et qui atteignent jusqu'à trois quarts de nœud par heure. D'un autre côté, pour draguer, relever et hisser un câble à bord, un temps calme est indispensable et, même au mois d'août, on ne peut compter, dans les parages où le *Great Eastern* devait opérer, sur une succession de beaux jours.

Fig. 38

Les chefs de l'expédition, pleins de confiance cependant dans le résultat de leur entreprise, hâtèrent leurs préparatifs et le 9 août 1866, le *Great Eastern* reprit la mer avec la *Medway*. Le 12 août, les deux navires rencontrèrent sur le lieu des opérations, le *Terrible* et l'*Albany* qui étaient partis de Heart's Content une huitaine de jours avant eux, pour placer des bouées sur le tracé du câble de 1865 et commencer les dragages.

Le plan de M. Canning consistait à faire draguer le câble dans le voisinage du bout, par les trois navires en même temps ; le câble, une fois soutenu à une certaine hauteur, devait ensuite être brisé par la *Medway*, placée à l'ouest du *Great Eastern*, de manière à permettre à celui-ci de hisser jusqu'à son bord, le bout côté de Valentia du câble rompu.

A l'arrivée du *Great Eastern*, l'*Albany* avait déjà saisi et amarré le câble à une bouée : mais la chaîne d'attache de cette bouée s'étant rompue, le câble était retombé au fond de la mer avec 2000 brasses de cordage métallique.

Le 13 août, le *Great Eastern* fit un premier dragage à une quinzaine de milles du bout du câble ; après diverses tentatives restées sans résultat, le câble fut enfin saisi et soulevé à 1300 brasses du fond. Tandis que l'on se disposait à relier à une grande bouée le cordage métallique qui contenait le grappin, une fausse manœuvre laissa échapper le cordage qui retomba dans la mer avec le câble.

Le *Great Eastern* s'éloigna de six milles dans l'Est du point où cet accident s'était produit et commença un nouveau dragage avec 2400 brasses de cordage métallique. Vers onze heures du soir, le grappin émergeait au-dessus de l'eau portant, sur deux de ses branches, le câble recouvert sur une moitié de son épaisseur d'une couche de vase blanchâtre ; l'autre partie était aussi noire et aussi brillante qu'au moment de la sortie du câble de l'usine, preuve incontestable qu'en ce point au moins, le câble n'était pas enfoui sous une épaisse couche de vase ou de sable, ainsi qu'on avait pu le craindre. Des embarcations avaient en toute hâte accosté le grappin et cherchaient à amarrer celui-ci à une pince reliée à un fort cordage métallique, lorsque par suite de l'inclinaison donnée

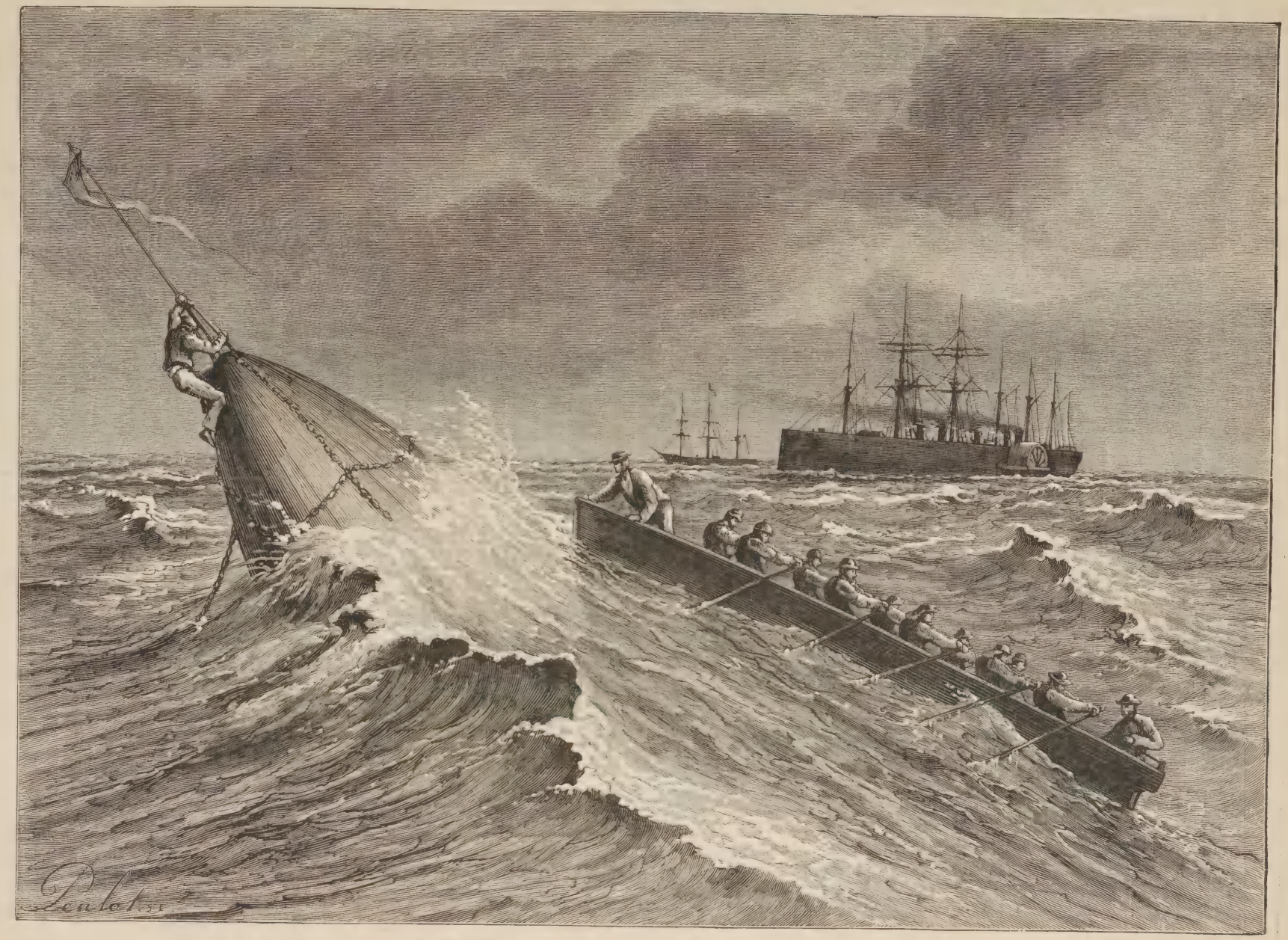


Fig. 89. — Relevage de la bouée portant le bout d'un câble abandonné

au grappin, le câble échappa à ses griffes et disparut dans la mer.

Le câble fut cependant encore une fois saisi le 19 août, relevé à mille brasses au-dessus du fond, mais l'état de la mer ne permit pas de le relier à une bouée. Durant toute la semaine suivante, les trois navires draguèrent en différents points suivant le programme qui avait été arrêté à l'avance : mais le temps était défavorable et les dragues restaient sans résultat, ou le câble, lorsqu'on était parvenu à l'accrocher, échappait aux grappins. Un profond découragement commençait à s'emparer de presque tout l'équipage de plus en plus convaincu de l'inutilité de ses efforts.

Le 27 août, l'*Albany* signala qu'il avait amené, avec une tension de trois tonnes seulement, le câble à bord et que celui-ci était relié à une bouée : mais on reconnut rapidement que cette bouée

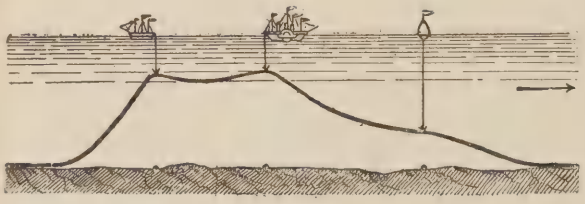


Fig. 40

était à treize milles du tracé du câble et qu'on avait repris un bout de câble de deux milles de longueur qui avait été jeté à la mer quelques jours auparavant (fig. 39).

Le champ des opérations des trois navires ayant été reporté successivement à une quinzaine de milles à l'est du point où elles avaient été entreprises, s'effectuaient à ce moment sur des fonds de 2500 brasses ; l'approvisionnement de cordages à draguer diminuant tous les jours et la mauvaise saison approchant rapidement M. Canning se décida à se transporter immédiatement à 80 milles dans l'est, où l'on devait trouver des fonds de 1900 brasses seulement et à y tenter ses dernières chances de succès.

Le 31 août, le câble fut dragué avec succès et le relevage commencé par un temps très calme : lorsqu'il se trouva à 800 brasses de la surface de la mer, le cordage qui retenait le grappin fut relié à une grande bouée (fig. 41). Le *Great Eastern* alla draguer immédiatement à trois milles à l'ouest de cette bouée et la *Medway* à deux milles à l'ouest du *Great Eastern* (fig. 40) : le câble fut saisi rapidement par les deux navires, relevé, puis, d'après les ordres qui lui furent transmis, cassé par la *Medway* à trois cents brasses de la surface de la mer. Le *Great Eastern* qui, après avoir amené le câble à 800 brasses de la surface de l'eau, en avait arrêté le relevage, s'empressa de reprendre l'opération dès que la rupture intentionnelle du câble eut diminué sa tension qui, de 10 à 11 tonnes, tomba à près de moitié. Enfin à une heure du matin, le 2 septembre, le câble parut au-dessus de l'eau ; deux heures plus tard, il arriva à bord et bientôt après on échangea les premiers signaux avec Valentia.

Le bout du câble fut épissé sans délai sur celui en réserve à bord et à sept heures du matin, le *Great Eastern* reprit l'immersion en se dirigeant vers Terre-Neuve.

Le 8 septembre, le navire ne se trouvait plus qu'à treize milles de Heart's Content, lorsque les appareils d'essais signalèrent l'existence d'un défaut dans le câble. On reconnut bientôt que la faute se trouvait à bord et était due à un bout de fil de fer cassé qui, sous le poids des hommes chargés du déroulement du câble dans les cuves, s'était replié à angle droit et avait pénétré jusqu'au conducteur en cuivre. Ainsi tombèrent toutes les suppositions qui avaient fait attribuer à la malveillance les différentes avaries survenues l'année précédente dans des conditions absolument semblables.

La partie fautive ayant été éliminée sans délai, le déroulement fut repris et terminé à onze heures du matin. La *Medway* procéda immédiatement à l'immersion du câble d'atterrissement et le soir même, la deuxième communication était établie à travers l'Atlantique. La longueur totale du câble immergé était de 1896 milles.

Les noms des chefs de cette mémorable expédition méritent d'être cités : comme l'année précédente, le capitaine Anderson commandait le *Great Eastern*, M. Canning dirigeait les travaux de pose et de réparation, MM. W. Thomson et Willoughby Smith présidaient aux essais électriques; M. Varley, resté à terre, remplissait les mêmes fonctions à la station de Valentia.

Les succès de ces deux importantes opérations ouvrit une ère nouvelle à la télégraphie sous-marine.

La période des débuts était virtuellement terminée : si bien des progrès de détail restaient encore à réaliser, le type de câbles qui convenait aux plus grandes profondeurs de la mer, de même que les engins et procédés, tant d'immersion que de réparation, étaient trouvés; des appareils perfectionnés pour la transmission rapide des signaux avait été construits et des méthodes nouvelles et plus précises inventées, tant pour la vérification des conditions électriques des lignes sous-marines que pour la localisation des défauts qui peuvent se produire durant leur fabrication ou après leur immersion. De nombreuses compagnies ne tardèrent pas à se former pour exploiter le nouveau domaine qui était offert à l'activité humaine et engagèrent successivement des centaines de millions dans leurs entreprises. En 1869, la France fut reliée directement à l'Amérique par un câble

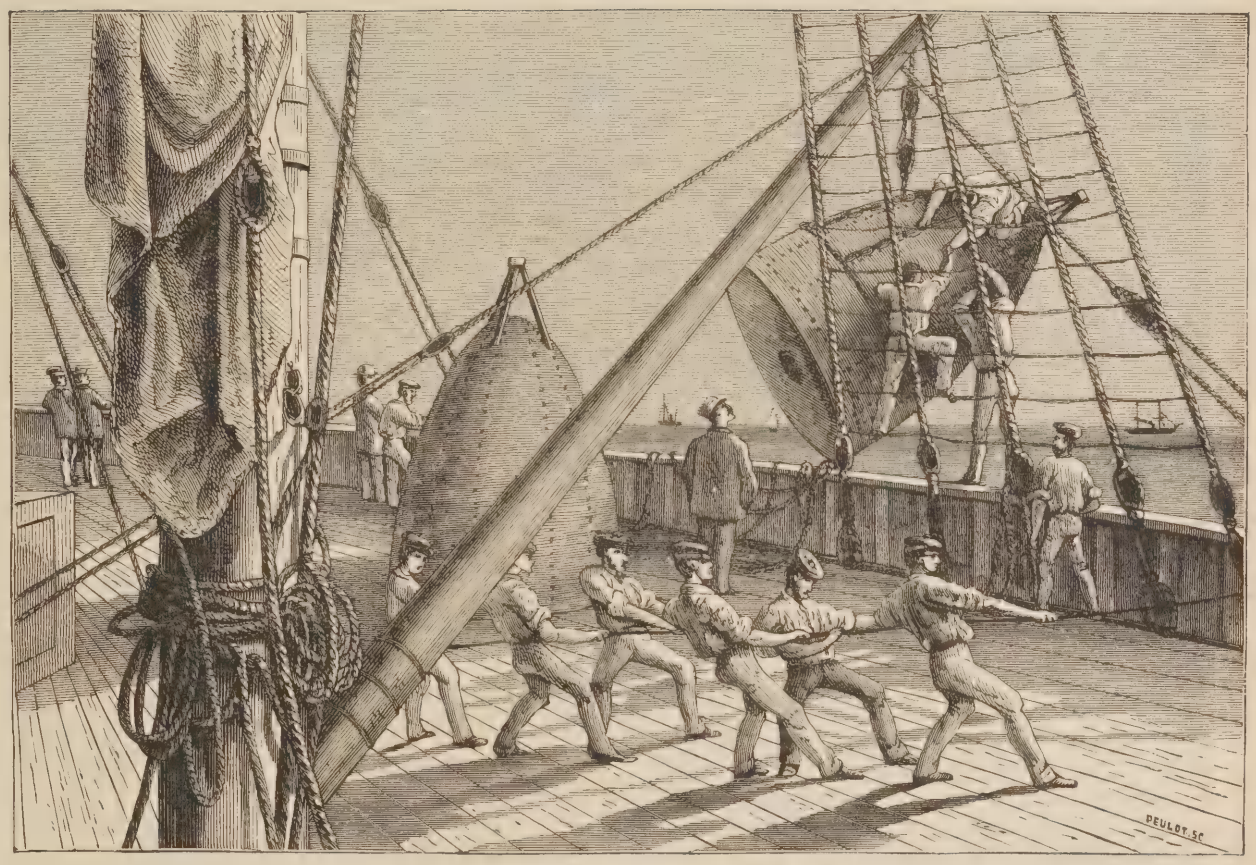


Fig 41. — Immersion d'une bouée par le *Great Eastern*

partant de Brest et aboutissant à l'île Saint-Pierre Miquelon. Aujourd'hui les communications entre les deux mondes sont assurées par dix câbles, indépendamment de ceux de 1865 et 1866 qui ont été interrompus le premier en 1873, le second en 1877 et abandonnés après quelques tentatives infructueuses faites pour les réparer; une double ligne sous-marine relie aussi l'Europe directement à l'Amérique du Sud et à la côte occidentale de l'Afrique; la grande ligne des Indes a été prolongée jusqu'en Chine et au Japon et des embranchements desservent l'Australie et la côte orientale de l'Afrique. Le globe presque tout entier est recouvert maintenant d'un vaste réseau de câbles sous-marins qui, au mois de janvier 1887, ne comptait pas moins de 113565 milles de câbles en service, représentant un capital d'environ 925 millions de francs et qui va se développant chaque année. Ce réseau fera le tour de la terre, ainsi que le montre un simple coup d'œil jeté sur les cartes ci-jointes des communications télégraphiques sous-marines existant au 1er janvier 1887 (fig. 42, 43, 44), le jour où un câble télégraphique mettra l'Asie en relation directe avec le continent

Fig. 42. — Atterrissements sur les côtes d'Europe des câbles transatlantiques du Nord

Fig. 43. — Atterrissements sur les côtes d'Amérique des câbles transatlantiques du Nord

Fig. N°44

Gravé par E. Morieu, 45 r. Vavin. Paris

CARTE GÉNÉRALE
DES
GRANDES COMMUNICATIONS SOUS MARINES
dressée d'après les documents officiels
fournis par le Bureau international des
administrations télégraphiques.
JANVIER 1887.
AMÉRIQUE DU NORD
ÉTATS-UNIS
CANADA
ALASKA
GROENLAND
ISLANDE
BAIE D'HUDSON
MER DE BEHRING
OCÉAN PACIFIQUE
OCÉAN ATLANTIQUE
AMÉRIQUE DU SUD
BRÉSIL
PÉROU
BOLIVIE
PARAGUAY
RÉPUBLIQUE ARGENTINE
URUGUAY
VÉNÉZUÉLA
COLOMBIE
GUYANE
ÉQUATEUR
MER DES ANTILLES
AMÉRIQUE CENTRALE
EUROPE
GRANDE BRETAGNE
ALLEMAGNE
FRANCE
AUTRICHE-HONGRIE
ESPAGNE
ITALIE
MER MEDITERRANEE
ALGÉRIE
MAROC
TRIPOLI
ÉGYPTE
ARABIE
PERSE
AFGHANISTAN
BALOUTCHISTAN
INDES BRIT.
NEPAUL
BOUTAN
BIRMANIE
SIAM
MER DE CHINE
EMPIRE CHINOIS
EMPIRE RUSSE
SIBÉRIE
MER D'OKHOTSK
MER DU JAPON
MER JAUNE
MER NOIRE
MER CASPIENNE
MER DE KARA
Nouvle Zemble
Cercle Polaire Arctique
Tropique du Cancer
Tropique du Capricorne
Équateur
SOUDAN
SÉNÉGAMBIE
SOKOTO
ABYSSINIE
CONGO FRANÇAIS
CONGO
ANGOLA
MOZAMBIQUE
MADAGASCAR
TRANSVAAL
ORANGE
COLONIE DU CAP
MER DES INDES
AUSTRALIE
Tasmanie
NOUVLLE ZÉLANDE
Nouvle Calédonie
Nouvle Guinée
Nouvles Hébrides
Célèbes
Java
Sumatra
Bornéo
Philippines
Ceylan
Sakhalien
Kamchatka
Kouriles
Aléoutiennes
Sandwich
Galapagos
Açores
Canaries
Bahamas
Antilles
Madère
Terre Neuve
Labrador
Terre de Feu
Sainte-Hélène
Ascension
Maurice
Réunion
Kerguelen
Falkland
Georgie du Sud
Cap Horn
Cap de Bonne Espérance
Cap Vert
Cap Blanc
Cap Nord
Cap Finisterre
Cap Lizard
Cap Gris Nez
Cap Ste Marie
Cap Ste Hélène
Cap Ste Catherine
Cap Ste Blanche
Cap Ste Cécile
Cap Ste Anne

américain. Une flotte comprenant 27 navires de tous tonnages, répartis dans toutes les mers, est affectée à l'entretien de ce vaste réseau, qui est devenu une nécessité pour notre époque et sera l'une des gloires de notre siècle.

WUNSCHENDORFF

(A suivre)

SUR LA TÉLÉPHONIE

A GRANDE DISTANCE [1]

V.

On connaît la méthode employée par Sir W. Thomson pour établir l'équation de la propagation du courant sur une ligne dans l'état variable. Nous n'aurons qu'à la reprendre, en faisant intervenir toutefois la force électromotrice induite par le courant sur lui-même.

Lorsque la ligne est à *fil unique*, on n'en doit pas moins considérer le courant de retour. Ce retour peut se faire soit par les couches du sol les plus voisines du fil, soit par des couches profondes et éloignées. Suivant que le courant de retour est plus ou moins distant du courant d'aller, la self-induction de la ligne est plus ou moins grande et peut varier depuis un certain minimum jusqu'à l'infini. Le calcul de cette self-induction n'est pas pratique ; aussi, écarterons-nous tout d'abord le cas de la ligne à fil simple.

Le cas de la ligne à fil double est facile à traiter. L'intensité du courant i étant la même, au sens près, à l'aller et au retour, la somme des forces électromotrices induites dans les deux fils, par unité de longueur, peut se représenter par $L\, di/dt$, L désignant le coefficient de self-induction de la ligne par unité de longueur. La valeur de L dépend des diamètres $2a_1$ et $2a_2$ des deux fils, de leur distance d, de leur nature (cuivre ou fer) et de celle du milieu isolant interposé (air, gutta-percha, etc.). Elle est donnée par la formule :

$$L = 2\mu \mathfrak{L} \frac{d^2}{a_1 a_2} + \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) \qquad (1)$$

où μ_1 et μ_2 représentent les perméabilités ou pouvoirs inducteurs magnétiques des substances des deux fils, μ la perméabilité du milieu isolant ($\mu = 1$ ordinairement), $\mathfrak{L}$ le symbole des logarithmes népériens.

Il est vrai que, pour établir cette formule [1], on suppose que la *densité* du courant reste uniforme dans toute la section droite d'un fil, c'est-à-dire à toute distance de l'axe du fil, ce qui n'est rigoureux que pour un courant constant. Dans l'état variable ce n'est qu'une approximation.

En outre, le voisinage de la terre modifie un peu la valeur de L ; mais nous supposons négligeable cette influence, la distance réciproque des deux fils étant assez faible par rapport à leur distance au sol.

Sous ces réserves, nous admettrons la formule (1)

Soient donc, R_1 et R_2 les résistances des deux fils par unité de longueur ;

C, r et L la capacité, l'isolement et la self-induction de l'ensemble de ces fils par unité de longueur ;

V_1 et V_2 les potentiels en deux points M_1 et M_2 pris respectivement sur les deux fils, à la même distance x de l'origine M_0, c'est-à-dire en regard l'un de l'autre.

La chute de potentiel $-dV_1/dx$, par unité de longueur, sur le premier fil, est égale au produit $R_1 i$ augmenté de la force électromotrice induite E_1

$$-\frac{dV_1}{dx} = R_1 i + E_1$$

On a de même pour le deuxième fil, en remarquant que le courant i est de sens contraire au précédent, ainsi que la force électromotrice induite E_2.

$$-\frac{dV_2}{dx} = -R_2 i - E_2$$

Retranchons membre à membre ces deux équations. Il vient :

$$-\frac{du}{dx} = Ri + L\frac{di}{dt} \qquad (2)$$

en posant :

$$V_1 - V_2 = u$$
$$R_1 + R_2 = R \qquad (3)$$

[1] Voir *La Lumière Électrique*, 2 juillet 1887.

[1] MAXWELL, t. II, § 685. — MASCART et JOUBERT, t. II, § 760.

et remarquant que, par définition de L, on a

$$E_1 + E_2 = L \frac{d\,i}{d\,t}$$

D'autre part, les charges électrostatiques, égales et de signes contraires, que prennent les deux fils, par unité de longueur, ont pour valeur commune $C\,(V_1 - V_2) = Cu$. L'accroissement $C\,du/dt$ de cette charge dans l'unité de temps représente l'intensité d'un courant *latéral* ou courant de charge du condensateur formé par les deux fils en présence. Comme le courant de dérivation, en raison du défaut d'isolement, est égal à u/r, la somme $(C\,du/dt + u/r)$ représente la diminution $-di/dx$, par unité de longueur, de l'intensité du courant longitudinal i :

$$-\frac{d\,i}{d\,x} = C\,\frac{d\,u}{d\,t} + \frac{u}{r} \qquad (4)$$

Différentions l'équation (2) par rapport à x, et remplaçons-y di/dx par son expression (4). Il vient finalement

$$\frac{d^2\,u}{d\,x^2} = \frac{R}{r}\,u + \left(C\,R + \frac{L}{r}\right)\frac{d\,u}{d\,t} + C\,L\,\frac{d^2\,u}{d\,t^2} \qquad (5)$$

Dans le cas d'nn isolement parfait (r infini), cette équation se réduit à

$$\frac{d^2\,u}{d\,t^2} = C\,R\,\frac{d\,u}{d\,t} + C\,L\,\frac{d^2\,u}{d\,t^2} \qquad (6)$$

équation analogue à celle des cordes vibrantes, (voir § III).

Si l'on fait abstraction des termes en L dans l'équation (5), celle-ci se réduit à celle qui a servi de point de départ à Sir W. Thomson pour l'étude de la propagation des courants télégraphiques sur les câbles sous-marins. L'intégration de cette équation fera connaître l'expression de u ; l'intensité i se calculera ensuite par la relation (2).

On voit que l'effet des pertes le long de la ligne est :

1° D'ajouter au terme CR, qui intervient comme facteur nuisible dans la transmission, la quantité L/r ;

2° D'introduire un nouveau terme nuisible $(R/r)\,u$. Il en résulte que l'importance d'un perte est d'autant plus grande que cette perte $1/r$, la self-induction L et la résistance R de la ligne sont elles-mêmes plus grandes.

Ajoutons que, dans les conditions normales d'isolement, pour des fils *en cuivre* d'une résistance de quelques ohms par kilomètre, l'effet des pertes au point de vue téléphonique peut être négligé, comme le montrera un exemple numérique. Nous ne nous occuperons donc que de l'équation (6), et nous recourrons à la relation plus générale (5) uniquement pour vérifier dans quels cas les termes en $1/r$ sont négligeables.

VI

Sir W. Thomson a développé sous plusieurs formes l'intégrale de l'équation (6) sans le terme en L. Mais la solution générale de l'équation complète n'est pas connue, et nous ne la détermirons que dans un cas particulier, très important d'ailleurs, celui des courants alternatifs. Cette solution s'appliquera, par conséquent, à la téléphonie, mais non à la télégraphie en général.

Supposons :

1° Qu'à une extrémité M_0 de la ligne les deux fils soient bouclés ensemble purement et simplement, de telle sorte que les potentiels V_1 et V_2 y sont égaux, soit :

$$V_1 - V_2 = u = 0 \qquad \text{pour} \qquad x = 0 \qquad (7)$$

2° Qu'à l'autre extrémité ($x = l$) on établisse une force électromotrice périodique E, de période T (telle que la force électromotrice induite dans un transmetteur téléphonique), c'est-à-dire que l'on ait :

$$u = E \qquad \text{pour} \qquad x = l \qquad (7\ bis)$$

Au bout d'un certain temps, il est évident qu'en un point quelconque de la ligne, les valeurs de u et de l'intensité i auront acquis un caractère périodique de même période T que la force électromotrice. Mais, au début, lorsque la force électromotrice vient seulement d'être établie, le courant n'atteint pas immédiatement ce régime *périodique permanent*. On sait que, même dans un circuit local, il en est ainsi, et que l'expression

de i se compose de deux termes, dont l'un est périodique, l'autre étant de la forme

$$e^{\frac{-Rt}{L}}$$

et devenant négligeable au bout d'un temps t égal, par exemple, à 5 L/R ou à 10 L/R. Le calcul de la durée de cette phase variable du début pour une ligne quelconque serait assez compliqué.

Aussi ne la calculerons-nous pas dans ce mémoire. Nous ne nous occuperons que du régime périodique permanent, réservant cette question, sur laquelle on pourra revenir plus tard.

Si la force électromotrice E suit la loi périodique simple représentée par la formule :

$$E = E_0 \sin mt \qquad (8)$$

dans laquelle la période est $T = 2\pi/m$, on devra chercher une expression de la forme :

$$u = A \sin m\,(t - \theta) \qquad (9)$$

dans laquelle A et θ soient des fonctions de x indépendantes du temps, et qui vérifie simultanément l'équation (6) et les conditions initiales (7) et (7 *bis*). Dans le cas plus général où E se composerait d'une somme de termes de périodes différentes T_1, T_2,.... on n'aurait qu'à déterminer séparément les valeurs u_1, u_2,.... qui correspondent à chacun de ces termes, puis à les ajouter pour avoir l'expression complète de u.

Il est facile de vérifier que la solution (9) peut s'écrire (10) :

$$u = D\left[e^{\alpha x} \sin m\left(t + \frac{x}{a} - \theta\right) - e^{-\alpha x} \sin m\left(t - \frac{x}{a} - \theta\right)\right]$$

θ étant une constante qui sera déterminée plus loin, et a, α, D désignant par abréviation les constantes :

$$a = \frac{1}{\sqrt{CL}}\sqrt{\frac{2Lm}{Lm + \sqrt{R^2 + L^2 m^2}}}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} CRa \qquad (11)$$

$$D = \frac{E_0}{\sqrt{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}}}$$

On voit que u, ou $V_1 - V_2$, se compose de deux parties.

La première :

$$D e^{\alpha x} \sin m\left(t + \frac{x}{a} - \theta\right)$$

peut être considérée comme une différence de potentiel périodique, de période $2\pi/m = T$, qui se propage le long de la ligne avec une vitesse uniforme a dans le sens des x négatifs, puisque la fonction

$$\sin m\left(t + \frac{x}{a} - \theta\right)$$

reprend la même valeur lorsqu'on remplace t par $(t + \tau)$ et x par $(x - a\tau)$; toutefois l'amplitude de cette différence, qui est égale à D pour $x = o$, va en décroissant avec x, pendant cette propagation, suivant la loi exprimée par le facteur exponentiel $e^{\alpha x}$, c'est-à-dire suivant une progression géométrique dont la raison est $e^{-\alpha}$ par unité de longueur.

La deuxième partie de u, soit

$$-D e^{-\alpha x} \sin m\left(t - \frac{x}{a} - \theta\right)$$

représente une différence de potentiel se propageant avec la même vitesse uniforme a dans le sens des x positifs ; son amplitude va en décroissant suivant la même progression géométrique de raison $e^{-\alpha}$.

La vitesse commune a de propagation de ces deux ondes inverses est donnée par la première des relations (11). Elle dépend de la période $2\pi/m$ et serait nulle pour une période infinie. Lorsque la période décroît, c'est-à-dire pour des sons de plus en plus aigus, la vitesse a va en croissant et *tend vers la limite* $\frac{1}{\sqrt{CL}}$ *qui, pour des lignes aériennes en cuivre est très voisine de 300,000 kilomètres par seconde* (application de la formule 1).

VII

L'amplitude I du courant i, au point d'abscisse x, se calculera au moyen de la relation (2), en remarquant que i est de la forme

$$i = I \sin m\,(t - \varphi)$$

et en tirant de (10) l'expression de $-du/dx$ pour la porter dans (2), on a :

$$-\frac{du}{dx} = G \sin m(t-\theta) + H \cos m(t-\theta)$$

en posant

$$\begin{aligned} G &= -D\left[\alpha\left(e^{\alpha x}+e^{-\alpha x}\right)\cos\frac{mx}{a} - \frac{m}{a}\left(e^{\alpha x}-e^{-\alpha x}\right)\sin\frac{mx}{a}\right] \\ H &= -D\left[\alpha\left(e^{\alpha x}-e^{-\alpha x}\right)\sin\frac{mx}{a} + \frac{m}{a}\left(e^{\alpha x}+e^{-\alpha x}\right)\cos\frac{mx}{a}\right] \end{aligned} \quad (12)$$

d'où

$$G \sin m(t-\theta) + H \cos m(t-\theta) = R\,i + L\frac{di}{dt} \quad (13)$$

Le carré de l'amplitude du premier membre de cette équation est (G^2+H^2) ; le carré de l'amplitude du second membre est $(R^2+L^2m^2)I^2$.

Égalons ces deux expressions ; il vient

$$\begin{aligned} I^2 &= \frac{G^2+H^2}{R^2+L^2m^2} \\ &= \frac{D^2}{R^2+L^2m^2}\left(\alpha^2+\frac{m^2}{a^2}\right)\left[e^{2\alpha x}+e^{-2\alpha x}+2\cos\frac{2mx}{a}\right] \\ &= E_0^2\,\frac{C\,m}{\sqrt{R^2+L^2m^2}}\,\frac{e^{2\alpha x}+e^{-2\alpha x}+2\cos\frac{2mx}{a}}{e^{2\alpha l}+e^{-2\alpha l}-2\cos\frac{2ml}{a}} \end{aligned}$$

En faisant $x=0$, on aura l'amplitude du courant au poste d'arrivée :

$$I^2 = \frac{4\,C\,m}{\sqrt{R^2+L^2m^2}}\,\frac{E_0^2}{e^{2\alpha l}+e^{-2\alpha l}\;2\cos\frac{2ml}{a}}$$

Cette intensité est la même que si le circuit était sans capacité ni self-induction ($C=L=0$), mais avait une résistance ρ telle que :

$$\rho^2 = \frac{\sqrt{R^2+L^2m^2}}{4\,C\,m}\left[e^{2\alpha l}+e^{-2\alpha l}-2\cos\frac{2ml}{a}\right] \quad (14)$$

Pour des lignes de grande longueur, les deux derniers termes de la parenthèse sont négligeables par rapport au premier, et l'on a approximativement

$$\rho^2 = \frac{\sqrt{R^2+L^2m^2}}{4\,C\,m}\,e^{2\alpha l} \quad (14\,bis)$$

La valeur de ρ dépendant de la période $2\pi/m$, il en résulte que les divers sons simples sont inégalement altérés par la ligne, ce qui a pour effet de modifier le timbre des sons complexes. Toutefois, si la période reste inférieure à une certaine limite, ρ ne variera guère avec m et la modification du timbre ne sera pas sensible.

Ainsi, en prenant la formule simplifiée (14 *bis*), on voit que pour toute valeur de m supérieure à $2R/L$:

1° Le premier facteur de ρ^2, savoir

$$\frac{\sqrt{R^2+L^2m^2}}{4\,C\,m} = \frac{L}{4\,C}\sqrt{1+\left(\frac{R}{L\,m}\right)^2}$$

restera égal à $L/4C$, à 12 pour cent près ;

2° Les valeurs de a et de α (formule 11) seront respectivement égales à leurs limites $1/\sqrt{CL}$ et $\frac{1}{2}R\sqrt{C/L}$ à 3 pour cent près, et par suite, le deuxième facteur $e^{2\alpha l}$ variera peu d'un son simple à un autre.

Exemple numérique. — Soit une ligne à deux fils de cuivre, de 4,5 millimètres de diamètre, posés à 2 mètres environ de distance l'un de l'autre, la longueur l étant de 1200 kilomètres, on a en *unités pratiques :*

$R = 20000^{\omega}$ (1^{ω} par kilomètre de fil simple)
$L = 28$ (application de la formule 1)
$C = \frac{1}{24300}$ farad
$l = 0{,}12$ ($0{,}12 \times 10^9$ c.m.)

D'après ce qui vient d'être dit, ρ sera à peu près le même pour toutes les valeurs de m supérieures à $2R/L = 1429$, c'est-à-dire pour tous les sons de hauteur $1/T = m/2\pi$ supérieure à 227 vibrations par seconde (un peu supérieure au la_2). Donc le timbre de la voix humaine sera peu altéré sur une telle ligne. Cela résulte d'ailleurs d'une manière évidente du tableau suivant, calculé par la for-

mule approchée (14 bis) pour les hauteurs de son 230, 2×230, 4×230,

$\frac{m}{2\pi} = 230$	460	920	1840	∞
$\rho = 1793^{\omega}$	1774^{ω}	1769^{ω}	1767^{ω}	1766^{ω}
$\rho = 5360^{\omega}$	12700^{ω}	49000^{ω}	.....	∞

Les valeurs de ρ' sont celles que l'on trouverait pour ρ si l'on négligeait la self-induction L, en ne tenant compte que de C et de R (théorie de Sir W. Thomson). *Ces valeurs ne donnent aucune idée du véritable résultat.*

Elles vont en croissant indéfiniment, tandis que la résistance ρ tend vers la limite 1766^{ω}, qui est notablement inférieure à la résistance totale $Rl = 2400^{\omega}$ de la ligne (résultat annoncé au § II).

Si l'isolement de la ligne précédente n'est pas inférieur à 2 megohms par kilomètre, soit $r > 200$, il est facile de s'assurer, au moyen de l'équation (5), que les pertes ont peu d'influence sur la transmission. En effet : 1° le coefficient CR du terme en du/dt se trouve augmenté de la quantité L/r inférieure à 17/100 de sa valeur ;

2° Pour nous rendre compte de l'importance du terme $(R/r)\,u$, remarquons que, u étant une fonction périodique simple de période $2\pi/m$, on a identiquement :

$$\frac{d^2 u}{d t^2} = - m^2 u$$

Par suite on peut fondre ensemble les deux termes $(R/r)\,u$ et $CL\,d^2u/dt^2$, dont la somme est $(R/r - CL\,m^2)\,u$. On s'assure ainsi que le terme R/r ne dépasse par les 45/1000 de CLm^2 (pour $m > 2R/L$).

VIII

L'intensité du courant i en un point x est proportionnelle à l'amplitude E_0 de la *f.e.m.* et, par conséquent, est de la forme :

$$i = E_0 (\varphi \sin m\,t + \psi \cos m\,t) \qquad (15)$$

φ et ψ étant des coefficients fonctions de x. Cette formule peut s'écrire :

$$i = \varphi\,E + \frac{\psi}{m}\frac{d\,E}{d\,t} \qquad (16)$$

Elle sera d'un grand usage dans la suite.

Dans le paragraphe précédent nous avons calculé l'amplitude

$$I = E_0 \sqrt{\varphi^2 + \psi^2} = \frac{E_0}{\rho}$$

du courant. Nous allons maintenant déterminer séparément φ et ψ. Si l'on remarque que, d'après l'expression (15) de i, on a :

$$\frac{d^2\,i}{d\,t^2} = - m^2\,i$$

la différentiation de l'équation (13) par rapport à t donnera :

$$Gm \cos m\,(t-\theta) - Hm \sin m\,(t-\theta) = R\frac{d\,i}{d\,t} - L\,m^2\,i$$

Multiplions cette équation par — L et (13) par R, et ajoutons membre à membre. Il vient :

$$(GR + HL\,m) \sin m\,(t-\theta) + (HR - GL\,m) \cos m\,(t-\theta) = (R^2 + L^2\,m^2)\,i$$

Cette relation, comparée à (15), donne pour les coefficients φ et ψ :

$$\varphi = \frac{(GR + HL\,m) \cos m\theta + (HR - GL\,m) \sin m\,\theta}{E_0\,(R^2 + L^2\,m^2)}$$

$$\psi = \frac{-(GR - HLm) \sin m\theta + (HR - GLm) \cos m\,\theta}{E_0\,(R^2 + L^2\,m^2)}$$

Les valeurs de G et de H sont données par les relations (12). Celles de $\sin m\,\theta$ et de $\cos m\,\theta$ s'obtiendront en écrivant qne l'expression (10) de u se réduit identiquement, pour $x = l$, à :

$$u = E = E_0 \sin m\,t$$

On trouve, en développant cette identité :

$$\sin m\,\theta = \frac{\left(e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}\right) \sin \frac{m\,l}{a}}{\sqrt{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2 \cos \frac{2\,m\,l}{a}}}$$

$$\cos m\,\theta = \frac{\left(e^{\alpha l} - e^{-\alpha l}\right) \cos \frac{m\,l}{a}}{\sqrt{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2 \cos \frac{2\,m\,l}{a}}}$$

En portant ces valeurs dans les formules ci-

dessus de φ et de ψ, et en tenant compte des expressions (11) de a α et D, on trouve, pour $x = 0$:

$$\varphi = -\frac{2}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \times \frac{\frac{m}{\alpha}\left(e^{\alpha l} - e^{-\alpha l}\right)\cos\frac{ml}{a} + \alpha\left(e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}\right)\sin\frac{ml}{a}}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}}$$

$$\psi = -\frac{2}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \times \frac{\alpha\left(e^{\alpha l} - e^{-\alpha l}\right)\cos\frac{ml}{a} - \frac{m}{\alpha}\left(e^{\alpha l} + e^{-\alpha l}\right)\sin\frac{ml}{a}}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}} \qquad (17)$$

$$\varphi^2 + \psi^2 = \frac{4}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \frac{C\,m}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}} = \frac{1}{\rho^2}$$

En faisant $x = l$ et affectant les coefficients φ et ψ de l'indice zéro, on trouve de même:

$$\varphi_0 = -\frac{1}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \frac{\frac{m}{\alpha}\left(e^{2\alpha l} - e^{-2\alpha l}\right) + 2\alpha\sin\frac{2ml}{a}}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}}$$

$$\psi_0 = -\frac{1}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \frac{\alpha\left(e^{2\alpha l} - e^{-2\alpha l}\right) - 2\frac{m}{\alpha}\sin\frac{2ml}{a}}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}} \qquad (18)$$

$$\varphi_0^2 + \psi_0^2 = \frac{C\,m}{\sqrt{R^2+L^2m^2}} \frac{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} + 2\cos\frac{2ml}{a}}{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} - 2\cos\frac{2ml}{a}} = \frac{1}{\rho_0^2}$$

Les valeurs de φ, ψ, ρ, (17) se rapportent à la station l'arrivée ($x = 0$); celles de $\varphi_0, \psi_0, \rho_0$, (18) à la station de départ ($x = l$). L'amplitude du courant au départ, est E_0/ρ_0. Elle ne va pas, comme on le voit, en s'affaiblissant indéfiniment lorsque la longueur l devient très grande. Elle tend au contraire, pour l'infini vers la limite

$$\frac{E_0}{\rho_0} = E_0\sqrt{\frac{C\,m}{\sqrt{R^2+L^2m^2}}}$$

qui se réduit à l'expression simple $E_0\sqrt{C/L}$, à 6 pour cent près, pour toute valeur de m supérieur à $2R/L$; en adoptant les données numériques du paragraphe précédent:

$$L = 28 \qquad C = \frac{1}{24300}$$

on trouve, comme limite de résistance ρ_0 la valeur $\sqrt{C/L} = 825$ ohms. L'audition devrait donc être excellente dans un récepteur placé à la station de départ, et cela quelle que soit la longueur de la ligne, à la condition toutefois que la présence du récepteur influe peu sur l'intensité du courant, puisque nous avons négligé dans les calculs précédents l'influence des appareils.

Il nous reste à appliquer les formules précédentes pour calculer l'effet:

1° d'une section en câble souterrain ou sous-marin, intercalée sur une ligne aérienne (cas fréquent;

2° des appareils transmetteur et récepteur.

VASCHY

(A suivre)

NOUVEAUX

APPAREILS DE MESURES

La séance annuelle de la Société de Physique, qui a eu lieu au commencement du mois dernier, a été particulièrement intéressante par le grand nombre d'appareils nouveaux, qui y figuraient; en outre, c'est là que les procédés de soudure électrique qui ont été exposés ici même [1], ont été présentés pour la première fois au public, ainsi que les remarquables appareils de M. Carpentier, le *mélographe* et le *mélotrope*, qui, depuis, ont fait le tour des sociétés scientifiques, en excitant partout la même admiration.

Citons encore le nouveau perforateur que M. Cassagnes a ajouté à son sténotélégraphe [2], etc, etc.; mais nous ne voulons pas nous étendre ici sur ces divers appareils, et nous nous bornerons à décrire les instruments de mesure proprement dits et leurs accessoires.

Voyons en premier lieu les divers galvanomètres, voltmètres et ampèremètres; dans un prochain article nous verrons les électro-dynamomètres et les électromètres.

Galvanomètre Deprez-d'Arsonval à pivot.

Chacun connaît la forme aujourd'hui classique

(1) Voir *La Lumière Electrique* du 18 juin 1887.
(2) Voir *La Lumière Électrique* du 6 mars 1886.

des galvanomètres Deprez-D'Arsonval ; la maison Carpentier, qui en a créé le premier type, a appliqué cette forme à toute une série d'appareils de mesure : galvanomètres à miroirs, à aiguille et cadran ; galvanomètres à pivot et ressort spiral ; elle y a adapté l'ancien galvanomètre Deprez à arête

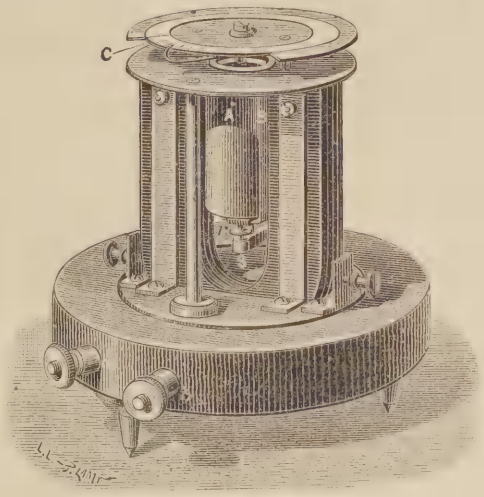


Fig. 1

de poisson, et enfin, dans son électromètre industriel, la partie mobile qui forme en même temps l'amortisseur, n'est autre chose qu'un galvanomètre Deprez-D'Arsonval.

La suspension en fil métallique, qui convient parfaitement pour les appareils à miroir, dont les

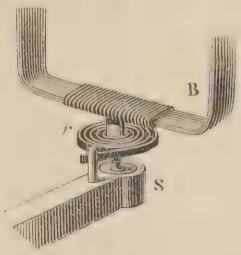


Fig. 2

déviations angulaires sont toujours faibles, se prête moins bien aux appareils industriels transportables, à cadran et aiguille, pour lesquels elle nous paraît présenter trop de raideur. C'est pour obtenir une suspension à la fois assez robuste et cependant susceptible de subir de fortes torsions sans donner lieu à des déformations permanentes que M. Carpentier a construit l'appareil représenté figure 1.

Comme on le voit, le cadre B, simplement guidé à la partie supérieure par un petit axe passant dans le trou d'un pont en cuivre, est supporté à la partie inférieure par un pivot reposant sur une chape d'acier ou d'agathe ; le moment antagoniste est fourni par le ressort spiral, *r* dont l'extrémité extérieure est fixée au supportS (fig. 2).

L'aiguille à la partie supérieure se déplace sous le cadran gradué, C qu'une partie recourbée vient effleurer ; c'est le dispositif bien connu des électrodynamomètres de Siemens, par exemple.

L'amplitude maximum est de près de 100 degrés et aux extrémités, l'aiguille est arrêtée par les bornes de l'encoche pratiquée dans le cadran.

Un détail ; le cadre mobile, parcouru par le

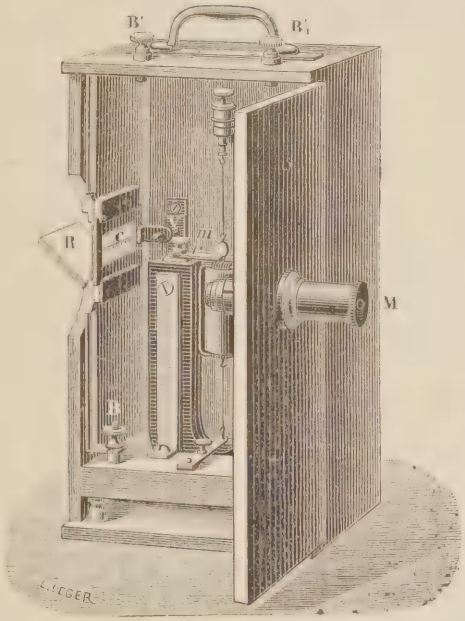


Fig. 3

courant, n'étant pas placé d'une manière symétrique par raport à la ligne des pôles, doit tendre, d'après la loi de Maxwell, à se soulever, ce qui diminue d'autant le frottement du pivot.

Les aimants ne sont pas munis de pièces polaires ce qui nous parait une erreur ; enfin ajoutons pour terminer qu'une enveloppe cylindrique de métal entoure tout l'appareil jusqu'au cadran supérieur ; il est donc à peu près complètement fermé.

Galvanomètre à miroir transportable.

Dans cet appareil dû au même constructeur, le galvanomètre n'a rien de particulier, mais il est placé dans une boîte munie d'une glace réfléchis-

sante, d'une échelle et d'un microscope, qui permet de l'installer n'importe où et de faire les mesures avec une précision, sinon une commodité, aussi grande que vous les feriez, bien installé dans votre laboratoire.

La glace R, placée sur le côté de la boîte (fig. 3) éclaire une graduation gravée ou photographiée sur la plaque de verre C ; l'image de celle-ci est réfléchie par le miroir *m* du galvanomètre, incliné à 45° ; son image virtuelle s'observe au moyen du microscope M, fixé sur le devant de la boîte, et dont l'oculaire est muni d'un réticule.

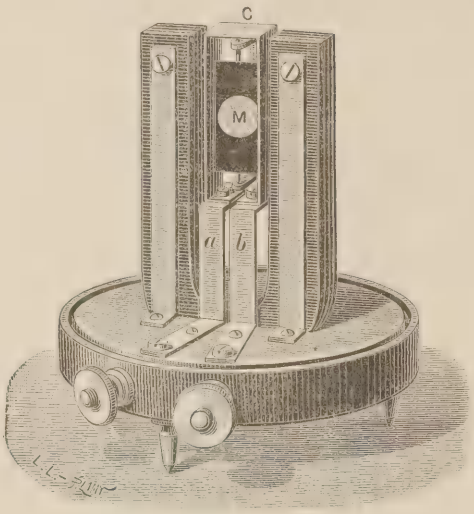


Fig. 4

Une vis V, placée de l'autre côté de la boîte permet de faire avancer ou reculer l'échelle divisée C, pour la mise au zéro.

Les bornes B du galvanomètre sont reliées aux bornes extérieures B′B′₁ par des bandes de cuivre qu'on voit à l'intérieur ; enfin, une barrette *r*, munie d'une fente, permet de saisir le cadre, après qu'on a relaché le fil de suspension, de manière à ne pas casser celui-ci dans le transport.

Cet appareil, qui présente naturellement les désavantages des lectures au microscope, peut néanmoins rendre de bons services.

Ampèremètre Deprez à miroir.

Ceci, c'est l'ancien galvanomètre à arête de poisson, et nous n'avons pas été peu étonné en le voyant, sous cette nouvelle forme, servir à presque toutes les mesures, dans les ateliers de M. Carpentier ; mais il est vrai, que là, on supprime le grave inconvénient qui provient de la non-proportionnalité des déviations, en employant des échelles transparentes à supports inamovibles, et en les graduant directement, d'après les indications d'un autre instrument.

L'appareil que représente notre figure 4 est un ampèremètre destiné à la mesure des courants assez intenses ; la bobine est formée par un simple cadre en cuivre C, placé entre l'aimant et une mince feuille de tôle, montée sur pivot, qui porte

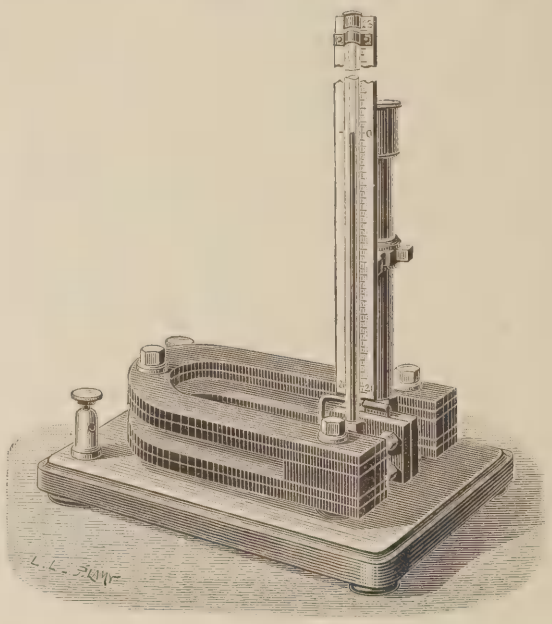


Fig. 5

le miroir M ; le courant est amené par les bandes de cuivre *a*, *b*, reliés aux bornes.

Nous avons vu également, dans la même maison, un appareil d'essai, rentrant toujours dans ce type, mais dans lequel le cadre C avait complètement disparu ; le courant passait alors dans un double aimant !

Ampèremètre Lippmann

Cet appareil n'est pas nouveau, et nos lecteurs en particulier le connaissant déjà [1], mais l'occasion s'en présentant nous dirons deux mots du dernier modèle construit par la maison Bréguet.

Dans les anciens types, la chambre de mercure, traversée par le courant, et, sur laquelle agit le champ magnétique de l'aimant permanent, cette chambre dont les parois doivent être isolées de la masse de mercure, était en ardoise.

[1] *La Lumière Électrique*, du 14 juin 1884.

On a trouvé plus satisfaisant d'employer la disposition représentée figure 5 ; la chambre est formée de deux coquilles en cuivre séparées entre elles et des électrodes de platine qui amènent le courant par du mica.

La même maison avait également exposé, en outre, un certain nombre d'appareils, entr'autres l'échelle transparente représentée figure 6, dans laquelle on utilise la lumière d'une simple bougie, maintenue au foyer d'un réflecteur parabolique par le même dispositif qu'on emploie dans les lanternes de voitures.

C'est aussi au même constructeur qu'est dû l'appareil suivant bréveté récemment.

Voltmètre industriel

C'est un instrument destiné à donner des indications plus ou moins exactes, mais dont le premier venu puisse se servir, et on a cherché à obtenir avec des dimensions très restreintes, une échelle aussi étendue que possible.

Or il n'y a guère dans les appareils de ce genre que deux moyens pour atteindre ce but : ou augmenter l'angle maximum d'écart, ou augmenter la longueur de l'aiguille.

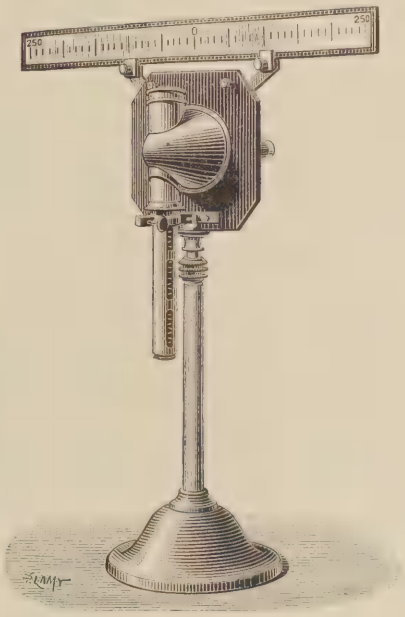


Fig. 6

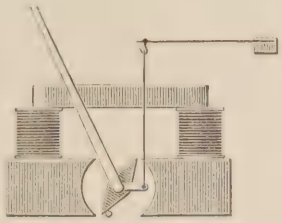


Fig. 7 et 8

Malheureusement, on n'a pas jusqu'à présent trouvé de combinaisons galvanomètriques qui permettent d'obtenir des déviations très étendues avec une certaine proportionnalité.

Ceux qui, à notre connaissance du moins, offrent le plus de latitude à cet égard, abstraction faite des appareils dits de torsion, ce sont certaines formes du galvanomètre Deprez-d'Arsonval ; par exemple, ceux que construisait la maison Barbier, et qui donnent jusqu'à 100°.

D'un autre côté, augmenter la longueur de l'aiguille, c'est tout de suite augmenter les dimentions de l'instrument.

Dans l'appareil dont le dispositif est représenté schematiquement (fig 8), on ne peut, en conservant la proportionnalité, dépasser 60° environ de déviation ; mais en plaçant l'aiguille excentriquement, par rapport au cadran de la boîte qui renferme l'appareil (figure 7), on arrive à des lectures très satisfaisantes.

Comme on le voit, ce dispositif repose sur le principe de l'orientation d'un losange de fer doux, suivant les lignes de force d'un champ, ou plus exactement, dans la position qui lui assure le maximum d'aimantation.

Le champ est créé, avec intermédiaire de noyaux et de pièces polaires en fer doux, par le courant dérivé.

La force antagoniste est fournie par la tension d'un fort aimant plat, relié par une bielle à une petite manivelle qui fait corps avec le losange ; ce dernier est simplement pivoté et il porte

une longue aiguille d'aluminium creuse.

Dans le modèle représenté, l'instrument ne doit donner d'indications qu'à partir d'une certaine limite, aussi le ressort a-t-il une tension initiale, équilibrée par la réaction d'un arrêt (dispositif employé également par S. W. Thomson dans un de ses appareils récents).

Ce voltmètre est remarquablement apériodique.

E. Meylan

SUR L'INFLUENCE

DU CHAMP MAGNÉTIQUE

LA CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE DU BISMUTH

Dans le dernier numéro (9 juillet 1887) de votre journal, je trouve une Note de M. Leduc, *sur la conductibilité calorifique du bismuth dans le champ magnétique*. La note ci-jointe, qui n'est qu'un extrait des *Comptes-Rendus* de la séance du 12 juin 1887 de l'Acc. R. des *Lincei*, vous prouvera, que j'ai devancé M. Leduc de quelques jours dans la découverte de la diminution de conductibilité produite dans le bismuth par l'action d'un champ magnétique, car la communication de M. Leduc à l'Académie des Sciences n'a été faite que le 20 juin.

« J'ai démontré ailleurs que l'existence d'un champ magnétique donnait lieu à une variation considérable de la résistance électrique du bismuth, et en même temps, que le phénomène de Hall avait lieu pour ce même métal avec une très grande intensité.

« Chaque physicien peut vérifier ces faits, que l'on peut considérer comme acquis à la science; mais plus récemment, j'ai découvert une autre propriété singulière du bismuth placé sous l'influence d'un champ magnétique.

« La relation qui existe toujours entre les conductibilités électriques et calorifiques, m'a conduit à rechercher, si la conductibilité thermique du bismuth était également influencée par son aimantation. Cette recherche présente de grandes difficultés, il ne m'a été possible de les surmonter que par une disposition spéciale du couple thermo-électrique, et à l'aide d'autres artifices.

« Je travaille encore actuellement sur cette question, mais cependant, je crois devoir rendre compte des résultats indiscutables que j'ai obtenus en dernier lieu.

« J'ai réussi à établir qu'effectivement, la conductibilité d'un barreau de bismuth placé entre les pôles d'un électro-aimant, dans la direction équatoriale, diminue notablement lorsqu'on établit le champ magnétique.

« Ainsi, le rapport entre la conductibilité k' du bismuth soumis à l'action d'un champ d'une intensité de 4570 C. G. S. et la conductibilité k à l'état normal est

$$\frac{k'}{k} = 0{,}878$$

« Un échantillon de bismuth préparé de la même manière que le barreau employé en premier lieu, et placé sous l'influence du même champ magnétique a indiqué une variation de conductibilité électrique correspondant à celle de la conductibilité thermique. Si r est la résistance de l'échantillon à l'état normal, et r' celle qu'il a dans le champ magnétique, on trouve :

$$\frac{r}{r'} = 0{,}886$$

« Ces résultats doivent être considérés comme approximatifs, mais dans un travail ultérieur, je donnerai les résultats définitifs que je suis en train d'obtenir, et je décrirai également les appareils employés et la manière dont j'ai conduit l'expérience. »

Je suis très heureux que mon travail trouve sa confirmation dans celui de M. Leduc, car il est évident que mes recherches ne pouvaient lui être connues ; mais M. Leduc ignore aussi, à ce qu'on peut croire en lisant les premières lignes de sa Note, que la découverte (comme il l'appelle) de la grande variation de résistance électrique du bismuth dans le champ magnétique, et de l'intensité très grande que présente le phénomène de Hall dans ce métal, a été faite par moi avant tout autre, et que j'ai aussi donné le premier la démonstration expérimentale, que ce phénomène est produit par une rotation des lignes équipotentielles.

En effet, tandis que la première communication de M. Leduc sur le phénomène de Hall dans le bismuth a été faite en 1884 (*Comptes-Rendus*, t. 98, p. 673), et celle sur la variation de résistance en 1886 (*Comptes-Rendus*, t. 102, p. 358), précédé cette fois par M. Hurion (*Comptes-Rendus*, t. 100, p. 348); ma première communication sur le phénomène de Hall dans le Bismuth

a été faite à l'Académie des *Lincei* le 3 juin 1883 (traduite dans le *Journal de Physique*, novembre 1883), et le Mémoire complet a été communiqué à la même Académie le 11 novembre 1883.

Dans le chapitre III de ce mémoire se trouve démontrée la rotation des lignes équipotentielles comme cause du phénomène de Hall.

Dans le même chapitre (p. 118 des Mémoires de la dite Académie, 4e série, t. V, 1883) est annoncée et constatée la grande augmentation de la résistance électrique du bismuth, lorsqu'on le place dans un champ magnétique. Ce dernier phénomène a été étudié par moi en détail dans un Mémoire présenté postérieurement (1er juin 1884 mais il était depuis 1883 dans le domaine des savants.

La rotation des lignes isothermes dans le bismuth, vient aussi d'être établie par moi ; la communication n'en a pas été faite le 12 juin 1887, mais seulement dans la séance suivante.

AUGUSTE RIGHI

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE

DE BERLIN

Il est à souhaiter que l'éclairage électrique s'introduise de plus en plus dans les locaux qui sont appelés à recevoir un grand nombre de personnes, y faisant un séjour plus ou moins prolongé. Cette lumière artificielle si recommandable par ses qualités hygiéniques intrinsèques, est on ne peut mieux appréciée dans les salles de travail et d'étude très fréquentées.

La direction de l'école professionnelle de Berlin en a fait l'expérience, à la suite de la quelle ce mode d'éclairage a été définitivemen-adopté.

L'ensemble de l'éclairage, tant des quatre étages supérieurs du bâtiment d'école, que des boutiques, magasin et passage du rez-de-chaussée, comporte :

70 lampes à arc de..... 9 ampères
12 — — ..... 6 —
14 — — ..... 3 —
153 lampes à incandescence de 16 bougies normales.

L'école proprement dite n'emploie sur ce nombre que ;

28 lampes à arc de..... 9 ampères
8 — — ..... 3 —
109 lampes à incandescence de 16 bougies.

Nous donnons comme exemple du mode de

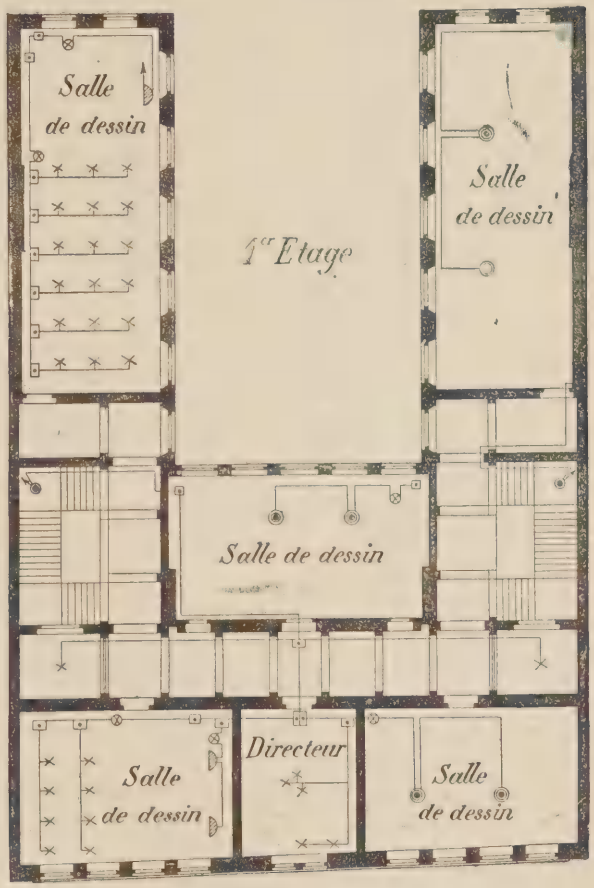


Fig. 1

répartition et d'application des lampes, la vue en plan des pièces du premier étage (fig. 1).

Il y a différents arrangements d'éclairage, suivant les destinations diverses des chambres, auxquels on a été conduit après une expérimentation préalable.

Dans les endroits qui réclament seulement un éclairement général, tels que les corridors et escaliers, on a placé des lampes à arc, armées de globes en verre.

Les lanternes qui les portent, s'élèvent et des-

cendent le long de deux cordes, servant en même temps de conducteurs du courant.

Grâce aux contrepoids, ce mouvement alternatif est des plus facile.

Les contrepoids se meuvent le long de la paroi dans une espèce de canal en bois qui possède une porte fermée, donnant accès au commutateur et à l'appareillage du mouvement.

Les lampes à incandescence indiquées sur le plan, par les signes ×, sont garnies d'abat-jour coniques.

Il en existe une au dessus de chaque table à

dessin, suspendue au plafond par un support à coulisse, dont la figure 2 expose la fonction, d'une façon suffisamment claire.

Elle peut être ainsi déplacée et mise à une distance convenable de la surface à éclairer, pour obtenir, autant que possible, un éclairement uniforme.

Le troisième dispositif consiste à employer des lampes à arc, envoyant leurs rayons au plafond, comme l'avait déjà fait M. Jaspar de Liège, à l'exposition de Paris en 1881, et à la bibliothèque du musée de Bruxelles.

Ce système échoit aux salles du modelage, où ses effets ont été jugés particulièrement favorables.

La figure 3 en est la représentation.

Le foyer lumineux est rapproché le plus pos-

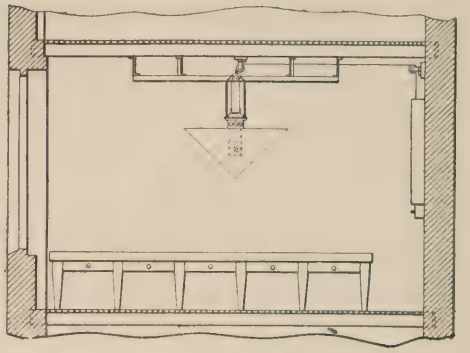


Fig. 3

sible du plafond et caché dans la partie conique d'un réflecteur en fer blanc.

Immédiatement au-dessus de la lampe, se trouve une surface réfléchissante de forme circulaire qui disperse la lumière, versée par le réflecteur conique intérieur.

Celui-ci est peint en blanc mat à l'intérieur, et vert sombre à l'extérieur.

Si, par suite de ces dispositions, on obtient une diffusion de lumière particulièrement exempte d'effet d'ombre, il faut, par contre, compter sur une perte importante dans ces différentes

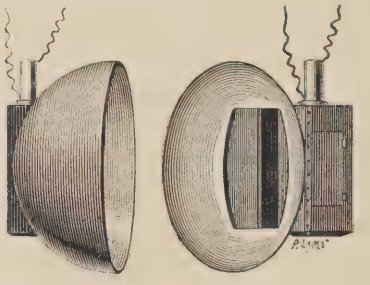


Fig. 4

réflexions, qui nécessite l'usage de source lumineuses d'autant plus puissantes.

Dans l'auditoire de physique, indépendamment des lampes pour l'éclairage général, il y en a encore d'autres qui, intercalées en lieu et place des premières, servent aux projections et autres démonstrations.

Enfin, dans les salles où les élèves dessinent

sur chevalet, d'après des modèles en plâtre, il a été fait usage d'un éclairage par le côté, afin que les objets présentés reçussent un éclairement semblable à celui qu'offre la lumière du jour.

Nous trouvons le dessin de l'appareil employé dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du mois de juin.

La lampe est établie dans une grande boîte de fer blanc, de façon que les rayon directs soient masqués.

Elle a la forme d'un gros coquillage, voir (fig. 4). L'intérieur est peint d'un enduit blanc mat, pour que la lumière envoyée de cette espèce de conque se disperse à sa sortie et vienne frapper les objets, à la façon de la lumière du soleil. Dans ce cas-ci encore, il faut faire usage d'un foyer plus intense.

L'installation mécanique comprend trois chaudières tubulaires de 78 mètres carrés de surface de chauffe, trois moteurs à vapeur compound de 60 chevaux et 3 machines dynamos à potentiel constant aux bornes.

Sur un tableau commutateur, sont réunis tous les appareils accessoires, tels que résistances de régulation, indicateur de courant, voltmètres, ampèremètres, etc., qui permettent au conducteur des machines, de diriger et surveiller de sa place, toutes les éventualités de la marche.

Cette installation fonctionne depuis quelque temps déjà à la satisfaction, et des élèves et des professeurs.

EM. DIEUDONNÉ

DE L'ÉTALONNAGE

DES APPAREILS DE MESURE

A PROPOS

DU VOLTAMÈTRE DE M. MINET

La graduation ou l'étalonnage des appareils destinés aux mesures électriques, tels que les ampères-mètres, les voltmètres, etc., est une opération d'une importance réelle et à laquelle on ne pourrait apporter trop de soins. On constate, en effet, non sans une légère déception, que des appareils gradués, présentent, lorsqu'on les compare entre eux, le plus souvent des discordances auxquelles on serait loin de s'attendre vu la perfection des méthodes actuellement employées.

Pour la mesure des intensités de courants et des forces électromotrices, on s'appuie ordinairement sur la loi d'ohm et comme on peut considérer comme bien connue et comme facile à vérifier la résistance d'un conducteur, il ne reste plus qu'à effectuer une expérience qui fixe l'intensité de courant, pour en déduire la force électromotrice.

L'expérience la plus rationnelle à effectuer à cet effet paraît être la mesure de l'intensité de courant par la boussole des tangentes. Malheureusement, ce qui intervient surtout ici, c'est l'intensité de champ magnétique, et comme l'ont montré très clairement les dernières expériences de M. Witz [1], cette intensité est un élément essentiellement variable surtout à l'intérieur des batiments.

Aussi l'emploi rationnel de la boussole des tangentes est-il fort délicat et presque impossible dans des locaux qui contiennent beaucoup de fer, et surtout des dynamos.

On pourrait bien, à la rigueur, déterminer cette intensité à l'aide de l'inductomètre de Weber, mais ceci n'avance pas beaucoup la question, puisqu'il faut, dans ce cas, comparer une impulsion de l'aiguille à une déviation permanente et passer le plus souvent par l'intermédiaire d'un autre galvanomètre.

Le moyen le plus simple et le plus correct, serait l'emploi de l'électrodynamomètre-balance de M. Pellat [2], mais puisque ces appareils n'ont pas été réalisés pratiquement, nous ne pouvons pas préconiser ce moyen jusqu'à présent.

Il ne reste donc pratiquement que deux moyens: soit la mesure de l'intensité du courant par les procédés chimiques; soit l'emploi d'une force électromotrice bien exactement connue.

On a imaginé beaucoup de piles, dans le but de réaliser ce *desideratum*; c'est-à-dire, d'avoir une force électromotrice connue avec une certaine approximation et une des premières que l'on ait proposée est l'élément Daniell. La force électromotrice de cet élément est voisine de 1,1 volt, et varie légèrement avec les solutions employées.

Sir William Thomson a proposé un étalon genre Daniell, qui est assez employé et qui a

(1) Voir *Comptes Rendus*.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, v. XXIII, p. 151.

l'avantage de fournir un certain courant sans polarisation appréciable.

Cet élément a, selon nous, le grave inconvénient d'avoir comme électrodes des métaux impurs et dont l'état de propreté laisse souvent à désirer.

On sait actuellement que, pour avoir une force électromotrice constante, avec un Daniell, il ne suffit pas d'avoir des solutions bien titrées, il faut, en outre, que les métaux, le zinc et le cuivre, se trouvent dans des états nettement définis. Il faut que le zinc soit absolument pur et que le cuivre soit bien exempt d'oxyde, ce qu'on obtient par un dépôt récent de cuivre sur l'électrode. Lorsqu'en effet l'électrode de cuivre contient de l'oxyde, ce qui arrive infailliblement lorsqu'on l'a exposée à l'air, on constate facilement que la force électromotrice se trouve augmentée.

Toutes ces précautions rendent l'emploi du l'étalon Daniell assez difficile et incertain ; nous avons vu, en effet, de ces étalons dont la force électromotrice différait de plusieurs centièmes de volts.

La meilleure pile étalon qui existe actuellement est l'élément L. Clark.

Voici, par exemple, les résultats de la comparaison de trois de ces éléments, faite récemment sur trois éléments L. Clark à la même température.

Élément L. Clark (de Clark et Muirhead, de Londres)	$= 1$
Élément L. Clark, construit au laboratoire de la Sorbonne en 1884	$= 1 + \frac{1}{7000}$
Élément L. Clark, construit au laboratoire de la Sorbonne (autre)	$= 1 + \frac{1}{1000}$

Ainsi, nous avons là des éléments dont la force électromotrice, après plusieurs années n'attteint qu'une différence de 1/1000 au maximum.

Ces éléments ont cependant un grand inconvénient pratique, c'est de ne pouvoir fournir aucun courant. Pour pouvoir les employer il faut donc se servir des méthodes de réduction à zéro, etc., ce qui complique beaucoup les expériences.

M. Gouy a construit dernièrement un étalon contenant également du mercure et qui, en outre des avantages de l'élément L. Clark joint celui de ne pas se polariser sur un circuit externe de 10.000 ohms environ. On peut introduire cet élément directement dans le circuit d'un galvanomètre, (Deprez D'Arsonval, par exemple), bien entend avec une résistance d'au moins 10.000 ohms et faire directement des comparaisons.

On le voit, l'emploi des piles étalons est encore assez délicat et quelque peu sujet à caution.

Nous arrivons à une autre méthode d'étalonnage, basée sur les lois de Faraday, c'est-à-dire sur les lois de l'électro-chimie et c'est de ce genre de détermination dont nous voudrions dire quelques mots et cela surtout à propos d'un voltamètre étalon disposé par M. Minet.

Des travaux très importants et récents ont fixé avec une exactitude absolue l'équivalent électrochimique du cuivre et de l'argent, de l'argent surtout. Aussi, lorsqu'on connaît exactement le dépôt d'argent formé dans un temps donné, on peut en déduire avec une très grande approximation l'intensité du courant qui a donné lieu à ce dépôt, à condition, naturellement, que le dépôt ait été normal et se soit effectué avec toutes les précautions exigées.

Ce moyen, tout excellent qu'il soit, a toutefois certains inconvénients ; il faut en outre disposer d'une balance de haute précision permettant d'évaluer et de peser le dixième de milligramme. Aussi est-il difficile de se servir de cet appareil dans les usines.

M. Minet a eu l'idée de rendre pratique l'emploi d'un voltamètre-étalon, basé sur l'évaluation du volume de gaz dégagé ; on a ainsi l'avantage de n'avoir aucune pesée à faire, et comme les volumes des gaz s'évaluent facilement avec précision, les indications offrent des garanties sérieuses.

Nos lecteurs connaissent cet appareil par les descriptions détaillées que l'auteur en a donné dans ce journal : aussi ne reviendrons-nous pas sur cette description. Nous voulons simplement insister sur les résultats que nous avons obtenus d'après le désir exprimé par M. Minet, qui nous a prié de faire quelques vérifications.

Après avoir pris toutes les précautions nécessaires, précautions que nos lecteurs trouveront dans les articles en question, nous avons fait plusieurs déterminations simultanément avec le voltamètre de M. Minet et le voltamètre à argent.

Nous ne publierons pas toutes ces expériences mais nous en saisirons au hasard une faite avec M. Chroustchoff.

Voici les nombres obtenus :

La quantité de gaz dégagé (gaz tonnant, oxy-

gène et hydrogène) était de 3,26 c.m. à la température de 20°, et à la pression de 770 m.m., l'expérience ayant durée 58 1/2 minutes.

Ce volume réduit à la pression normale et à zéro degré est de 3,05 c.m.

Le poids du creuset de platine était avant le dépôt 61,3862 grammes et avec le dépôt d'argent 61,4060 grammes, de sorte que le dépôt se trouve être égal à 19,8 milligrammes.

Si l'on calcule le poids de l'argent déposé d'après le volume de gaz, on trouvera 19,6 milligrammes. Ainsi, la différence n'est que de 0,2 milligrammes. L'accord est donc tout-à-fait satisfaisant.

Aussi, croyons-nous, que l'appareil de M. Minet peut rendre de très bons services dans l'étalonnage des appareils gradués et nous sommes sûrs que son emploi peut contribuer d'une manière efficace à faire disparaître le désaccord si gênant que présente la graduation de la plupart des appareils industriels.

P.-H. Ledeboer

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE [1]

Nouveau dynamomètre de transmission

Dans la séance du 1er juillet, M. Hillairet a donné la description d'un nouveau dynamomètre totalisateur à courroie élastique dû à M. Raffard, et basé sur ce fait déjà observé sur les courroies en cuir, d'une différence de vitesse de deux poulies réunies par une transmission à courroie, différence due au passage continuel de la matière de la courroie du brin mené au brin tendu.

Si l'on réunit deux poulies A_1, A_2, d'égal diamètre par une bande sans fin de tissu élastique, la vitesse angulaire Ω_1 de la poulie conductrice diffère de la vitesse angulaire Ω_2 de la poulie conduite; on a toujours $\Omega_1 - \Omega_2 > 0$, alors même qu'on a pris toutes les précautions pour assurer l'adhérence et éviter tout glissement.

Si t_1 et t_2 sont les tensions respectives du brin tendu et du brin mou, on démontre facilement que l'on a, à chaque instant.

$$\Omega_1 - \Omega_2 = \frac{\lambda}{R}\alpha(t_1 - t_2)$$

λ étant la longueur naturelle de la bande correspondant à la vitesse Ω_1 [1]

R, étant le rayon commun des deux poulies;

α l'allongement de la bande par unité de longueur et de tension

En substituant aux vitesses angulaires, dans la formule précédente, les nombres de tours N_1, N_2 des poulies A_1, A_2 pendant un intervalle de temps déterminé, on a dans le cas de mouvement uniforme :

$$N_1 - N_2 = \alpha\frac{N_1}{R}(t_1 - t_2)$$

La démonstration de ces deux formules est tirée de l'équation de continuité qui résulte du caractère de mouvement permanent affecté par l'écoulement élastique de la bande.

En généralisant, on voit que cette dernière formule s'applique aussi bien au cas où le régime est varié.

La dernière formule montre donc que la différence $N_1 - N_2$ est proportionnelle au travail développé par la transmission.

On conçoit qu'on puisse, avec le dispositif simple que nous venons d'exposer, réaliser un dydamomètre totalisateur directement gradué en kilogrammètres.

Les courbes expérimentales relevées pendant les essais sur des bandes en caoutchouc montrent que la fonction étudiée est rigoureusement linéaire.

D'après M. Hillairet, ce nouveau genre de dynamomètre, se prêterait surtout à l'étude des très petites puissances, ou des très petits efforts.

Si nous ne nous trompons, un dispositif fondé sur le même principe a déjà été employé par M. Vernon Boys, le physicien anglais bien connu de nos lecteurs, par ses travaux originaux sur les intégraphes les totalisateurs, etc.

(1) Séance du 1er juillet 1887.

(1) Voir le *Mémoire* de M. Krest, dans les *Annales des Mines*, 1862, relatif au glissement des courroies);

M. Boys lui, employait deux poulies auxiliaires pour mesurer les vitesses différentes de la masse des deux brins.

E. M.

Représentation optique du mouvement d'une membrane téléphonique, par O. Frœlich (1).

Quoique le téléphone soit un appareil des plus répandus qui a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, on n'est pas encore parvenu à démontrer expérimentalement les mouvements de sa membrane et on n'a donné aucune méthode qui permette d'étudier les particularités de ces mouvements (2). La théorie des phénomènes dont le téléphone est le siège peut être considérée comme entièrement connue ; il ne lui manque que la sanction de l'expérience et il est important de posséder pour cela une méthode purement objective qui fournisse des données plus rigoureuses que les résultats souvent subjectifs et inexacts fournis par des essais de conversations.

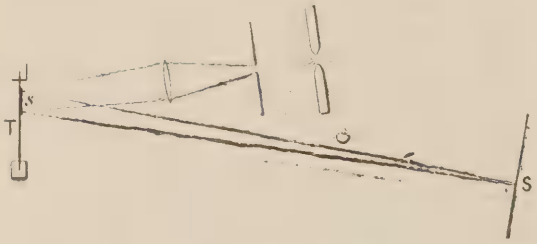


Fig. 1

Nous sommes en mesure de combler cette lacune et nous nous proposons d'exposer ici les résultats que nous avons obtenus.

I. *Démonstration du mouvement de la membrane téléphonique.*

Cette démonstration est facile à faire lorsqu'on envoie dans le téléphone des courants alternatifs intenses produits par exemple par un diapason entretenu électriquement, il n'en est pas de même lorsque le téléphone ne reçoit que les courants d'un autre téléphone ou d'un microphone devant lequel on chante ou on parle ; les vibrations de la membranes sont alors d'amplitudes si faibles qu'on ne peut les rendre visibles en recouvrant celle-ci de poudre de lycopode.

Collons un petit miroir *s* (fig. 1) sur la membrane, entre le centre et la phériphérie, et envoyons sur ce miroir un rayon lumineux qui se réfléchira en S sur un écran placé à une assez grande distance ; cette image est animée d'un léger mouvement quand on chante dans un bon microphone et qu'on emploie ce téléphone à miroir comme récepteur. On peut rendre cette expérience plus précise au moyen d'une lunette et d'une échelle. Une mesure effectuée de cette manière dans le laboratoire de MM. Siemens et Halske donne environ 0,035 m.m. comme amplitude de mouvement du milieu de la membrane.

On rend encore plus sensibles les vibrations de la plaque d'un téléphone en les communiquant à un fil tendu comme l'a proposé Melde. On fixe à la membrane (fig. 2) un fil de fer d'environ 40 centimètres de longueur et 0,6 millimètre d'épaisseur, tendu par un ressort ; si l'on envoie dans le téléphone les courants d'un diapason entretenu électriquement, on voit le fil vibrer d'une manière très nette, (par exemple 5 millimètres d'amplitude) pour une certaine tension du ressort. Si l'on fixe sur la corde, entre un nœud et un ventre, un miroir léger sur lequel on projette un rayon lumineux et que d'autre part, on remplace le diapason par un microphone, dans lequel on parle, on verra l'image du point lumineux effectuer de grands mouvements ayant jusqu'à 50 centimètres d'amplitude.

Fig. 2

Cette expérience prouve l'existence des vibrations de la membrane d'un téléphone mais ne permet pas de les étudier très exactement à cause des mouvements oscillatoires du fil.

2. *Variations produites sur les ondes sonores par la membrane téléphonique*

On sait depuis longtemps que le téléphone mo-

(1) Conférence faite à la Société Électrotechnique de Berlin, et que nous reproduisons *in extenso*, contrairement à nos habitudes, en raison de son intérêt particulier.
N. D. L. R.

(2) L'auteur paraît ignorer les travaux de M. Mercadier sur cette question. N. D. L. R.

difie les sons qu'il reçoit. On constata très souvent avec les premiers de ces appareils une confusion de voyelles, et même avec les téléphones perfectionnés que nous possédons aujourd'hui on ne distingue pas toujours différentes voyelles que l'on comprend très bien dans une conversation directe ; on confond souvent les consonnes et le timbre de la voix est toujours plus ou moins modifié.

Pour prouver expérimentalement ces faits, nous employons les figures de Lissajous. Celles-ci s'obtiennent, comme on le sait, par la combinaison des vibrations de deux diapasons, l'un vibrant horizontalement, l'autre verticalement ; chacun porte un miroir et un rayon lumineux vient, après une double réflexion, former sur un écran une image de forme simple de laquelle on peut déduire le mouvement des diapasons.

Si ces deux instruments sont à l'unisson, l'i-

Fig. 2

mage obtenue est une ligne droite inclinée, si les nombres des vibrations des deux diapasons ne sont pas exactement les mêmes, mais diffèrent d'une petite quantité, cette ligne droite se transforme lentement en ellipse inclinée puis en cercle, l'image prend ensuite la forme d'une autre ellipse, puis d'une autre ligne droite inclinée et ainsi de suite.

Les figures sont plus compliqnées lorsque les deux diapasons donnent différentes notes de la gamme.

On peut déterminer le rapport des vibrations des deux diapasons en dessinant l'image obtenue sur un papier transparent qu'on glisse dans un cylindre de verre ; on trace à l'encre, sur celui-ci, l'image formée sur le papier, de façon que la moitié de celle-ci se trouve sur une des moitiés du cylindre, et l'autre partie de l'image sur la seconde moitié du cylindre. En roulant ensuite ce cylindre de verre sur une feuille de papier, le trait à l'encre s'imprime et on obtient une courbe dont l'abscisse donne l'amplitude d'oscillation d'un des diapasons, et l'ordonnée, l'amplitude de l'autre diapason.

La courbe obtenue pour deux diapasons à l'unisson est représentée figure 3.

Remplaçons un des diapasons par un téléphone portant un miroir sur sa membrane, entre le centre et la phériphérie, et excitons celui-ci par le courant qui entretenait le diapason en vibration ; il devrait avoir le même mouvement vibratoire si la membrane n'avait aucune influence, mais les figures diffèrent totalement des précédentes.

La figure 4 montre les résultats obtenus avec des diapasons donnant différents tons et repré-

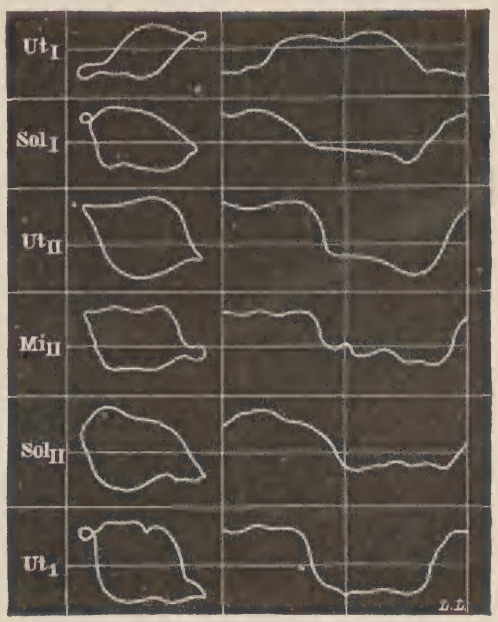


Fig. 4

sente les images directes et celles formées comme nous l'avons expliqué

Ces expériences prouvent que les oscillations électriques sont profondément modifiées par le téléphone, et sont toujours compliquées ; tout courant simple envoyé dans le téléphone produira donc un son composé de plusieurs tons différents.

Représentation optique directe des mouvements d'une membrane téléphonique

Une des plus jolies expériences d'acoustique, celle des flammes dansantes de Kœnig, permet de représenter directement les mouvements d'une membrane. Fixons sur elle une capsule mano-

métrique pleine de gaz d'éclairage et allumons le bec : la flamme commence à vibrer dès qu'un son met la membrane en mouvement. Si l'on observe celle-ci dans un miroir tournant, on voit un trait lumineux dentelé, et la forme des dents dépend du mouvement de la plaque. Ces flammes n'ont jusqu'à présent pas été appliquées au téléphone, probablement parce que les vibrations de la membrane sont au moins cent fois plus faibles que celles que l'on rencontre dans les expériences ordinaires d'acoustique.

Nous fixons sur le milieu de la membrane un morceau de liège *s* (fig. 5) légèrement arrondi à la partie supérieure et s'engageant dans une monture de laiton de dimensions convenables. La cavité de celle-ci est fermée par une membrane très mince de gomme ou de baudruche, et une vis mi-

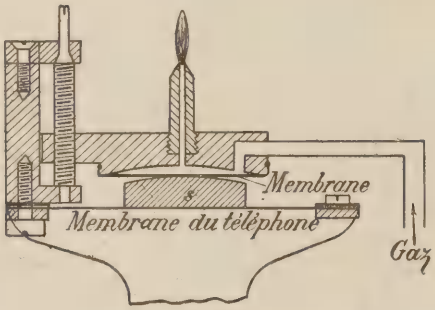


Fig. 5

crométrique permet d'ajuster tout l'appareil à une hauteur telle que le liège presse la baudruche et réduise à un volume très faible l'espace compris entre le laiton et la membrane flexible. De cette manière la flamme obtenue en allumant le gaz de la capsule obéit très bien aux mouvements même très petits de la plaque et les traits lumineux vus sur le miroir tournant sont aussi nets que ceux de l'expérience de Kœnig.

Cet appareil présente un excellent moyen d'agrandissement, dans une proportion colossale, des mouvements d'une membrane téléphonique et permet d'étudier la variation de ceux-ci avec le temps.

Les sons maintenus, les voyelles et même les consonnes qui peuvent être prononcées longuement, donnent une série d'images semblables et périodiques, les images des autres consonnes sont difficiles à obtenir car on ne peut prononcer ces lettres sans l'aide d'une voyelle ou d'un e muet, et l'image de la voyelle est toujours plus grande que celle de la consonne.

Ce qui nous intéresse d'abord, ce sont les modifications que la membrane téléphonique fait subir à un son donné.

Si l'on prononce devant la membrane d'une capsule manométrique de Kœnig une même voyelle dans des tons différents, on obtient chaque fois une autre image car le rapport des harmoniques supérieurs au son fondamental, rapport qui caractérise la voyelle, varie avec le ton.

Il en est naturellement de même pour le téléphone, mais on remarque, en outre, une différence notable due à ce que la membrane ne vibre pas directement sous l'influence des ondes sonores.

La figure 6 donne une série d'images fournies par une voix de baryton ; un trou percé dans l'embouchure du microphone permettait aux ondes sonores d'agir directement sur la membrane d'une capsule de Kœnig en se propageant dans un tuyau de caoutchouc et l'image se voyait dans le même miroir que celle de la flamme correspondante, au téléphone. Ces dernières sont désignées par la lettre T, les autres par la lettre M. On voit que les mouvements de la membrane du téléphone sont beaucoup plus compliqués que ceux de la membrane libre, c'est-à-dire que les images présentent un plus grand nombre de dents ; en outre, le maximum de sensibilité est donné tantôt par l'une, tantôt par l'autre.

La voyelle *i* est très mal prononcée par le téléphone ; la différence entre les voyelles est très visible pour une hauteur de son moyenne et disparaît dès que le son s'élève.

Nous n'avons pas l'intention d'étudier théoriquement les oscillations correspondant aux voyelles prononcées dans le téléphone ; notre appareil permet de faire aisément une pareille étude.

Remarquons toutefois que ces expériences ont une grande importance au point de vue de la théorie des voyelles, en effet, il s'agit pour connaître leur théorie, de déterminer quels sont les caractères particuliers à chaque voyelle, indépendamment de la voix qui la prononce et de la hauteur du son employé ; ces voyelles pouvant être nettement entendues au téléphone, leurs caractères spéciaux devront se trouver sur l'image obtenue quoique le mouvement oscillatoire de la membrane soit différent des mouvements ondulatoires de l'air émis par la bouche. Il est possible

que de telles comparaisons permettent de définir les voyelles d'une manière plus précise.

Quant aux consonnes, les résultats obtenus à l'aide de notre appareil ne s'appliquent qu'à celles qui peuvent être prononcées d'une manière prolongée sans le secours d'aucune voyelle: dès qu'on prononce une consonne avec une voyelle et même avec un e muet, l'image de la flamme correspond toujours beaucoup plus à la voyelle qu'à la consonne.

C'est pour cela qu'il est difficile d'obtenir une image correspondant à une consonne seulement. La lettre *r* produit sur la membrane et dans le téléphone des mouvements de longue période qui correspondent à ceux de la langue.

Quant aux autres, on peut simplement dire que celles qui donnent avec la membrane des images nettes quoiques faibles, ont à peine une influence sur la flamme du téléphone. Cet appareil transmet les consonnes d'une façon très défectueuse.

Ces résultats sont tout à fait confirmés par quelques essais de conversations faits chez Siemens et Halske avec une combinaison soigneusement installée, d'un microphone et d'un téléphone, sur une ligne très courte, soit dans les meilleures conditions. Les expérimentateurs étaient deux mécaniciens s'occupant depuis longtemps de téléphones et ayant l'un et l'autre une prononciation très claire.

Les voyelles et les diphtongues furent toujours très bien comprises ; les consonnes furent toutes prononcées avec un *e* muet, on comprit bien *f*, *c*, *l*, *b*, et très mal *h* et *s* ; *t* et *k*, ainsi que *p*, *s* et *v* ont été souvent confondues. Les mêmes essais furent repris en intercalant entre les appareils, une ligne artificielle ayant à peu près les propriétés de la ligne Paris-Bruxelles ; dans les deux sens on comprit bien les voyelles, les diphtongues et les consonnes *b*, *d*, *f*, *r*, *t*, assez bien *n*, *p*, *v*, *m*, et mal *s*, *h*, *ch*, *sch*. On confondit *m* et *n*, *sch* et *c et h*, *s* et *v*, *f* et *c*.

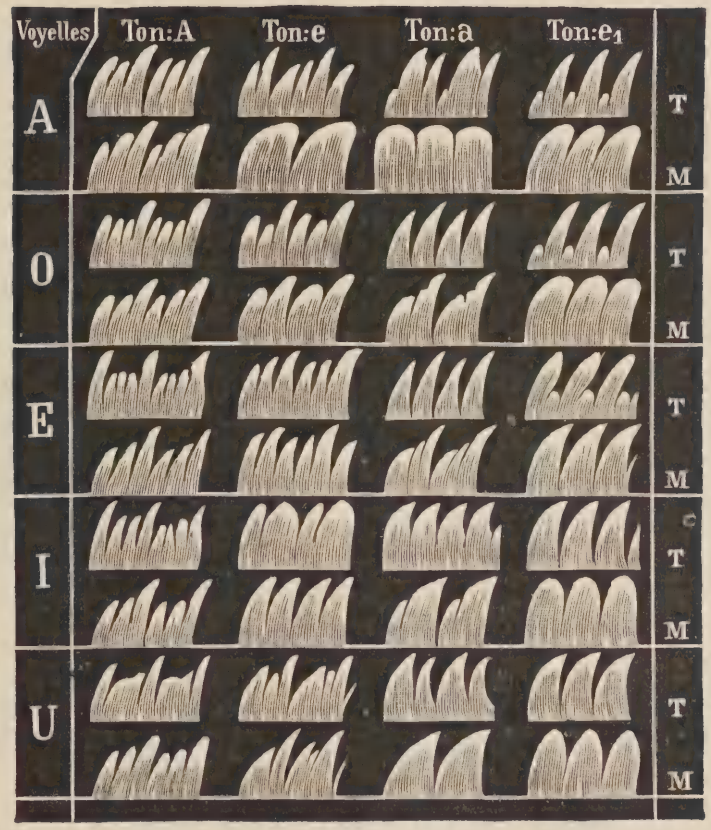


Fig. 6

On peut conclure de ceci, — ce que tout téléphoniste sait déjà, — c'est qu'il ne peut être question d'une transmission exacte de la parole par le téléphone; l'appareil est surtout en défaut pour les lettres aspirées, les gutturales et les sifflantes. En écoutant au téléphone, on devine d'une manière inconsciente une partie des mots de même que dans la conversation, lorsqu'on a l'oreille dure ou lorsque la parole n'est pas claire.

Il est certain que le bon fonctionnement d'un téléphone dépend en grande partie des propriétés de sa membrane, mais on n'en trouvera jamais qui permettront de transmettre exactement toutes les lettres ; il est clair, du reste, que le rapport des intensités des différents sons et par suite le timbre de la voix sera toujours modifié parce que les courants employés dans le téléphone sont des courants d'induction.

Appliquons maintenant notre appareil à des mesures pratiques.

On connait depuis longtemps la mauvaise influence que les électro-aimants exercent sur la netteté de la parole d'une transmission téléphonique et il est probable que la self-induction dé-

truit la forme caractéristique des oscillations et fait ainsi confondre les voyelles.

Si l'on introduit dans le circuit deux électro-aimants des annonciateurs que l'on utilise à la station centrale de Berlin, on voit (fig. 7) que l'image correspondante est moins profondément dentelée.

Depuis quelque temps, on s'occupe beaucoup de téléphonie à grande distances par lignes aériennes et par câbles; les quantités physiques dont il faut tenir compte dans l'étude de ces cas sont la résistance, la capacité et la self-induction de la ligne.

Connaissant ces valeurs, il est possible de construire une ligne artificielle ayant les mêmes propriétés que la ligne réelle.

On a copié de cette manière la ligne Paris-

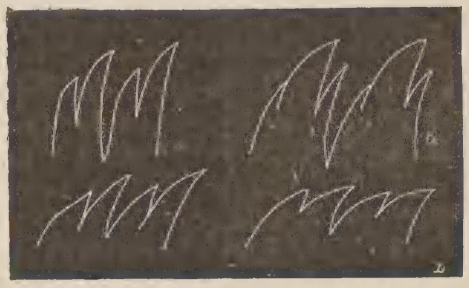


Fig. 7

Bruxelles qui donne d'excellents résultats (distance 320 kilomètres, double fil de bronze phosphoreux de 3,04 m.m. de diamètre).

Si l'on place un téléphone aux deux extrémités de cette ligne et si l'on observe l'image des flammes de Kœnig sur le même écran et au même moment (fig. 8) on voit que le mouvement de la membrane du téléphone placé au bout de la ligne est bien moins prononcé que celui de la première membrane : la force vive transmise n'est que le quart de celle que possédait le premier téléphone et la forme des oscillations de la dernière membrane n'est plus aussi nette que celle de la première.

Cet exemple prouve d'une manière pratique qu'en téléphonie les rapports d'intensité n'ont pas une importance aussi grande que les variations qualitatives de la forme des oscillations.

La capacité d'une ligne modifie non-seulement l'intensité d'un son transmis mais encore son mouvement vibratoire. Notre oreille reconnaît toujours une voyelle à certaine particularités des ondes correspondantes, même lorsque l'intensité du son est très faible, de même que notre œil distingue les couleurs, même lorsqu'elles sont peu éclairées, tant que la forme des ondes conserve certains caractères spéciaux.

Si ces propriétés particulières cessent d'exister, une plus grande intensité de son ou de lumière ne permet pas de distinguer le son ou la couleur, grâce au pouvoir d'accommodation de l'oreille et de l'œil, nous sommes beaucoup moins sensibles à une simple variation d'intensité qu'on ne le croît généralement.

L'exemple suivant en offre une preuve directe. La ligne Berlin-Hanovre (distance 340 kilomètres, ligne simple, fil de fer de 4 millimètres d'épaisseur) se trouve daus des conditions très

Fig. 8

voisines de la limite que l'on peut atteindre ; on ne comprend facilement des paroles prononcées nettement et clairement que quand on n'est gêné par aucun bruit extérieur.

Si l'on place deux téléphones à flammes aux deux bouts d'une copie de cette ligne, on n'observe à l'appareil récepteur que de faibles traces de mouvement et il est remarquable que l'oreille puisse reconnaître facilement des sons dont l'intensité n'est qu'une si faible fraction de l'intensité des sons primitifs.

Il est intéressant d'observer un téléphone à flamme pendant une conversation ; on voit qu'il ne répète presque que des voyelles et surtout *a* et *o*; *i* par contre très mal.

IV

Le télephone à flamme comme instrument de mesure. — Dès qu'on aura un moyen de fixer facilement les images de la flamme d'un téléphone,

on possédera un nouvel instrument de mesure qui pourra être avantageusement utilisé dans un grand nombre de cas.

Les essais dont nous avons parlé jusqu'à présent constituent déjà des mesures imparfaites des mouvements d'une membrane téléphonique.

Les images des flammes peuvent être fixées par le dessin ou la photographie. Le premier moyen est toujours imparfait et lorsqu'on l'emploie il est avantageux de pouvoir régler à volonté la vitesse du miroir tournant, car pour chaque essai on pourra trouver une vitesse telle que l'image paraisse fixe sur le miroir et ne présente aucun mouvement dans une direction quelconque.

On peut obtenir de cette manière les caractères principaux de la courbe, ses maxima et ses mi-

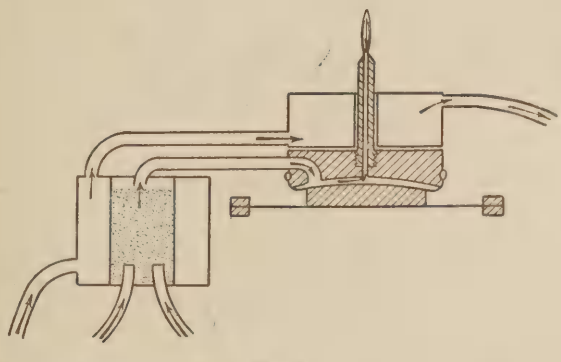


Fig. 9

nima, mais seulement pour des images périodiques de certaine durée.

On peut mesurer la hauteur des dents si le miroir est construit de manière que l'image d'un point lumineux fixe soit une ligne droite, en se servant d'un écran formé d'une bande horizontale dont on puisse rapidement varier la largeur. On le place de manière à couvrir exactement les dents et on peut ensuite en déduire la véritable longueur de celles-ci.

Dès qu'on veut effectur des mesures exactes, il faut photographier les images. Ceci est rendu difficile par la durée excessivement courte des dentelures. Les flammes de gaz d'éclairage impressionnent à peine les plaques photographiques les plus sensibles. M. Himly, photographe de la maison Siemens et Halske, n'a pu obtenir de bons résultats qu'en brûlant du sulfure de carbone dans du protoxyde d'azote ; M. le professeur Dr Sell qui s'est occupé longtemps de ces flammes a bien voulu nous prêter son bienveillant concours et je saisis cette occasion pour lui exprimer mes plus vifs remerciements.

La disposition du brûleur est représentée (fig. 9). Les deux gaz se réunissent dans un vase rempli d'une toile métallique, traversent la capsule manométrique et sont allumés à leur sortie; un courant d'eau chaude entoure les tuyaux traversés par le gaz et empêche le dépôt de sulfure de carbone.

Les photographies obtenues par ce procédé représentent avec beaucoup de netteté les dentelures des flammes, mais les parties inférieures des images ne se produisent pas très bien, ces clichés sont très bons pour l'étude des maxima.

Une des principales applications du téléphone à flamme est l'étude de certains courants variables. Dans un grand nombre de phénomènes électriques, tels que les phénomènes d'influence et d'induction, on a à étudier des charges ou des dé-

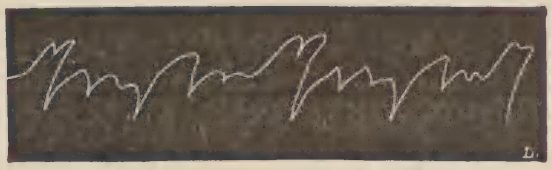


Fig. 10

charges rapides ou des courants alternatifs de très faible période.

Notre appareil offre dans tous ces cas un moyen commode pour déterminer directement la marche du courant, on envoie celui-ci dans le téléphone et on cherche, si possible, à rendre le phénomène périodique.

Pour obtenir, par exemple, la courbe d'un courant de charge d'un condensateur ou celle du courant secondaire d'un appareil d'induction, on fait usage d'un commutateur qui rend ce phénomène périodique et on envoie dans le téléphone une portion convenable du courant.

Il ne faut pas oublier que la membrane possède un mouvement propre qui exerce une influence sur la forme de la courbe obtenue, on l'élimine plus ou moins en employant différentes membranes et la comparaison des courbes correspondantes permet d'établir d'une manière très approchée la véritable marche du courant.

Voici quelques expériences pour lesquelles il serait difficile d'employer un autre appareil que le téléphone à flamme.

En première ligne mentionnons l'étude de la

marche du courant d'une machine à courants alternatifs et la détermination de l'impulsion que subit le courant d'une dynamo lors du passage d'un commutateur à lamelles entre les balais collecteurs.

Si l'on fait passer dans l'appareil le courant alternatif d'une machine à inducteur en forme de double T, on obtient la courbe curieuse représentée figure 9. On peut ainsi déterminer la marche du courant d'une machine à courants alternatifs et soumettre à une étude expérimentale toutes les modifications de sa construction. On obtient la véritable forme du courant et non pas uniquement des valeurs moyennes comme dans les mesures électriques ordinaires, valeurs qui ne permettent pas d'établir le véritable régime du courant.

Actionnons le miroir tournant de notre appareil par un petit moteur électrique et relions aux

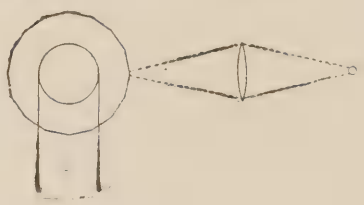


Fig 11

deux bornes de ce moteur le circuit de notre téléphone, l'image de la flamme indique chaque variation brusque que subit le courant lorsque les lamelles du commutateur passent devant les balais. Ce phénomène, dont l'importance dans la théorie des machines dynamos est de plus en plus reconnue, devient ainsi visible et peut être étudié.

Le téléphone à flamme permet de constater immédiatement toute détérioration de l'induit d'une dynamo.

Notre appareil s'applique avec avantage à la chronographie et surtout à la mesure des temps très courts, il faut alors photographier l'image de la flamme et ceci se fait comme suit (fig. 11).

On partage la plaque photographique en plusieurs bandes que l'on fixe sur un support de manière à former un polygone que l'on fait tourner à la place du miroir ; l'image de la flamme est projetée par une lentille ou un objectif photographique.

La distance angulaire comprise entre deux dents mesure le temps écoulé entre les deux impulsions correspondantes.

Il faut régler soigneusement la vitesse de rotation du polygone. On n'a pas besoin d'employer d'obturateur instantané car tant que le courant ne passe pas, l'image de la flamme se photographie sous forme d'une ligne droite bien limitée en dehors de laquelle les dents sont bien visibles.

On peut répéter de cette manière l'expérience célèbre de Wheatstone sur le mouvement de l'électricité dans un fil tendu, expérience qu'il effectua avec des étincelles électriques et un miroir tournant ; ces mesures ont du reste été faites par un grand nombre d'autres méthodes. Le téléphone permettrait de déterminer l'accroissement d'intensité du courant qui est surtout sensible pour les longues lignes et a une grande influence, par exemple, lors de la détermination des différences de longitudes par une méthode électrique.

L'emploi du téléphone à flamme rendra de grands services dans la détermination de la vitesse des projectiles à l'intérieur des canons. Ces me-

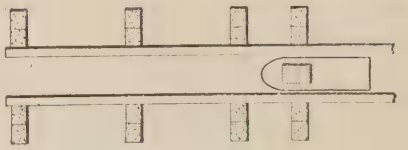


Fig. 12

sures difficiles n'ont jamais donné de bons résultats ; on introduisait en différents endroits du canon des fils isolés reliée à des bouteilles de Leyde chargées et que le passage du projectile déchargeait. Cette méthode qui obligeait à percer le canon en différents points ne pouvait être employée pour des pièces très chères ; notre appareil permet d'employer une méthode qui a l'avantage de laisser les canons intacts.

On place un barreau de fer dans le projectile et on entoure le canon d'un système de doubles bobines (fig. 12), les bobines primaires sont parcourues par un courant intense et les bobines secondaires sont reliées au téléphone enregistreur, chaque fois que le projectile passera devant une bobine, un courant instantané sera induit et la distance entre deux dents de l'image photographiée permettra de calculer le temps employé par l'obus pour passer d'une des spirales à l'autre.

Cette méthode permet d'étudier le mouvement d'un grand nombre de projectiles en employant uniquement un ou deux systèmes de spirales.

On a déjà proposé de placer un aimant dans

un obus et d'observer l'induction produite dans des spirales extérieures, mais aucun essai n'a pu être tenté faute d'appareil enregistreur.

Notre méthode est surtaut applicable à des canons de bronze, mais on parviendra certainement à l'utiliser avec des canons d'acier dès qu'on aura trouvé une disposition magnéto-électrique convenable.

Ces quelques exemples suffisent à prouver l'importance de notre appareil pour l'étude expérimentale des phénomènes électriques ; nous espérons avoir plus tard l'occasion de revenir sur la suite de nos recherches.

Sur l'électrisation de l'air par N. Nahrwold.

L'influence de l'électricité sur les particules de poussière qui sont en suspension dans l'air, est bien connue de chacun, depuis que cette question a été reprise, comme thèse nouvelle, dans le cours de ces dernières années. Cette électrisation des particules de poussière a déjà été constatée en 1878 par M. Nahrwold. Ce physicien a repris cette question et il a publié le résultat de ses recherches dans les Annales de Wiedemann, (vol. XXXI, p. 448).

Nous ne nous étendrons pas sur son travail dont la première partie présente certains points communs avec des études récentes de MM. Obermayer et Pichler ; nous nous bornerons à résumer rapidement les conclusions auxquelles M. Nahrwold est arrivé.

1° Il indique tout d'abord une expérience qui peut démontrer à tout un auditoire l'action de l'électricité statique, sur les poussières en suspension dans une cloche en verre dont les parois doivent être rendues conductrices par une couche de glycérine et reliées à la terre.

2° Le travail que nous analysons ici contient aussi une preuve plus étendue, si ce n'est plus concluante, du fait que l'électricité qui s'écoule par les pointes n'a aucune action statique sur l'air environnant, mais seulement snr les poussières qui y sont en suspension.

3° M. Nahrwold a, en outre, démontré que des fils de platine chauffés au rouge et employés comme électrodes pour des décharges d'électricité émettent toujours des particules incandescentes qui suffisent à rendre l'air d'un récipient primitivement pur, capable de recevoir une charge électrique ; cette charge électrique est alors répartie sur les particules de platine en suspension dans l'air.

4° Il résulte aussi de ces faits qu'il est très probable que l'air atmosphérique, et par extension les autres gaz, ne peuvent pas être électrisés statiquement.

5° L'auteur a, en outre, fait une nouvelle expérience qui prouve que l'électricité négative de haut potentiel s'écoule plus facilement par des conducteurs solides dans l'air atmosphérique que l'électricité positive de même potentiel absolu.

A. P.

La sirène téléphonique de M. Karsten.

Si l'on fixe radialement sur un disque un certain nombre d'aimants de façon que leur pôle nord soit à l'extérieur et qu'on fasse tourner ce disque devant un électro-aimant dont l'axe est situé dans le plan du disque, il se produira dans les spires de celui-ci une série de courants induits ; les alternances du courant seront égales pour une rotation du disque, au nombre d'aimants qu'il porte.

Si l'on place dans le circuit de l'électro-aimant un téléphone, celui-ci émettra un son continu dont la hauteur dépendra évidemment du nombre de tours du disque et aussi du nombre des aimants qui sont fixés sur lui.

Suivant la combinaison que l'on donne aux aimants du disque, on obtient un son unique au téléphone ou plusieurs ; si par exemple on arrange les pôles des aimants placés à l'extérieur dans l'ordre N N S N N S on obtiendra trois sons correspondants à trois variations du courant induit se produisant à des intervalles différents. Avec 24 aimants par exemple, on obtient avec la première combinaison un son donné; avec la seconde combinaison par contre, on observe d'abord le même son fondamental, puis l'octave inférieur et enfin la quarte inférieure de cet octave.

On voit facilement qu'on peut employer cet appareil dans l'analyse des sons au même titre que les sirènes fondées sur des phénomènes acoustiques, seulement cet appareil n'est pas précisément nouveau, car M. Karsten en a déjà publié le principe il y a huit ans. Il lui a cependant donné un regain de nouveauté par la présentation qu'il

en a faite dernièrement à la Société électrotechnique de Berlin, au bulletin de laquelle nous empruntons les détails qui précèdent.

La sirène de M. Karsten, peut remplacer avec avantage l'inducteur à sinus de M. Kohlrausch pour toutes les mesures que l'on fait au pont de de Wheatstone à l'aide du téléphone et des courants alternatifs. On a ici l'avantage d'avoir un son de hauteur constante et sans mélange, ce qui facilite considérablement la détermination de la balance.

A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Les instruments de mesure de l'*Electrical Power Storage C°*. — L'ampèremètre et le voltmètre de l'*Electrical Power Storage C°* de Londres, sont représentés sur les figures 1 et 2. Ils sont destinés à permettre de faire les lectures au moyen d'un simple dispositif mécanique, facile à comprendre même pour des personnes n'ayant pas l'habitude de ce genre d'appareils, de sorte qu'un ouvrier puisse s'en servir. Leur principe, est celui de la balance ordinaire et la longueur de l'échelle rend les lectures très exactes.

Ces appareils ne renferment aucun aimant permanent et par conséquent, les instruments demeurent exacts pendant un temps indéfini. Ils sont construits d'après les brevets de MM. Drake et Gorman.

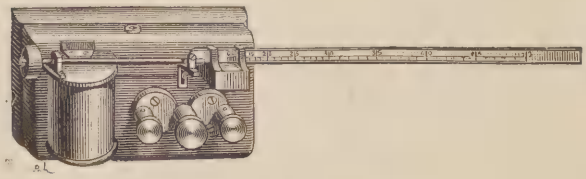


Fig. 1

Les ampèremètres indiquent depuis 20, 40, 60, 80, 100, 120, jusqu'à 250 ampères. Comme les dimensions de l'échelle augmentent avec les lecteurs, il est préférable de commander les appareils conformément aux exigences de chaque installation.

Ces deux appareils se comprennent facilement sans beaucoup d'explications. Les instruments se composent simplement d'un solénoïde ou d'une bobine B avec un noyau en fer doux. La balance

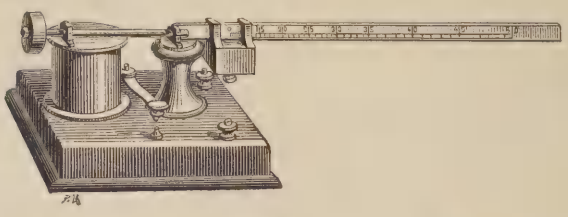


Fig. 2

se compose d'une tige en fer doux T qui forme l'armature et de l'échelle S, reliée à la tige; le fléau composé est pivoté, et pourvu d'un contrepoids à l'extrémité opposée à l'échelle. Un poids mobile peut être déplacé sur l'échelle qui est graduée en ampères ou en volts selon les cas. La base de l'appareil porte des bornes et des clefs, permettant de faire les communications.

Les voltmètres mesurent de 50, 75, 125, à 150 volts. On a également un voltmètre à faible constante pour essayer les éléments isolés des accumulateurs. C'est un appareil utile pour les installations d'accumulateurs, car un défaut dans un de ceux-ci change rapidement sa force électromotrice. Cette dernière donne une indication sur l'état de l'élément.

Le voltmètre à faible constante diffère de celui représenté sur la figure 2; c'est un appareil à lecture directe, avec une petite aiguille en fer doux pivotée entre les pôles d'un aimant permanent. Le passage d'un courant dans l'appareil fait dévier l'aiguille à droite ou à gauche selon le sens du courant. L'appareil qui est plutôt destiné à comparer les forces électromotrices des différents éléments qu'à faire des mesures exactes, indique une différence de potentiel de 0 à 2,5 volts. Les constructeurs ne craignent pas trop les variations de l'aimant permanent; comme le but de l'instrument est plutôt d'obtenir la valeur comparative de chaque élément dans une batterie, une faible modification de la constante provenant d'un changement d'aimantation ne sera d'aucune influence.

Nouvelle sonnerie électrique a indicateur. — M. Floyd a imaginé une sonnerie élec-

trique du genre dit à lapin, qui indique le poste d'où l'appel a été envoyé. L'appareil représenté sur la figure 3 se compose d'un solénoïde, d'un timbre, d'nn battant et d'un disque indicateur. Le solénoïde sert à actionner le marteau à la manière ordinaire, mais il fait aussi vibrer un pendule, qui porte le disque, chaque fois que la sonnerie fonctionne et indique ainsi le poste appelant. Ceci s'effectue comme on le

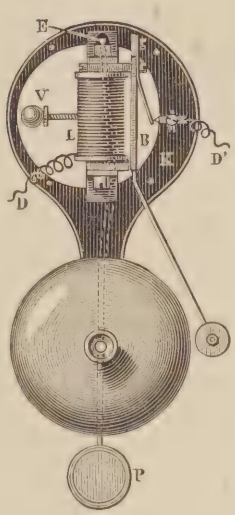


Fig. 3

voit sur la figure par le pendule dont la partie médiane qui traverse le solénoïde est en fer doux.

L'utilisation des solutions épuisées des piles. — M. W. S. Squire a publié un nouveau procédé pour l'utilisation des liquides résiduels des piles voltaïques qui contiennent de la potasse ou de la soude, et du zinc. Dans les piles où le métal attaqué est le zinc, et où le liquide excitateur est une solution de potasse caustique ou de soude, le liquide épuisé forme une combinaison de potasse ou de soude et d'oxyde de zinc. M. Squire fait passer de l'hydrogène sulfuré à travers le liquide ; on peut aussi faire passer le gaz à travers une solution de soude caustique ou de potasse, ce qui donne alors du sulfate de sodium ou de potassium, qui est mélangé avec le liquide épuisé. Dans tous les cas, le liquide est ensuite filtré, après le traitement, et on obtient une solution de soude caustique ou de potasse, qu'on pourra utiliser plus tard, le précipité est du sulfure de zinc impur; en le dissolvant dans de l'acide chlorhydrique ou sulfurique, on obtient de l'hydrogène sulfuré qui peut être employé comme nous l'avons dit plus haut. Quand on se sert d'acide chlorhydrique, on obtient également du chlorure de zinc. Ce dernier est purifié et employé comme désinfectant etc.; avec l'acide sulfurique on obtient du sulfate de zinc.

J. Munro

Autriche

L'éclairage électrique des deux théâtres de la Cour à Vienne, dont nous avons entretenu vos lecteurs à plusieurs reprises va enfin être terminé. En ce qui concerne l'Opéra, l'installation comprendra 1300 accumulateurs, et comme il a fallu trois ans pour la terminer, il faut espérer qu'elle fonctionnera bien.

En effet, rien ne serait plus désastreux pour l'électrotechnie qu'une extinction ou un accident à l'éclairage électrique d'un théâtre; car le grand public ignore qu'il y a actuellement, rien qu'en Autriche-Hongrie, cinq grands théâtres entièrement éclairés à l'électricité.

Depuis des années, ces installations fonctionnent à merveille, mais une extinction éventuelle ne serait cependant pas attribuée à un défaut dans l'installation en question mais à la lumière électrique en général dans laquelle le grand public n'a pas encore beaucoup de confiance.

L'inauguration de l'éclairage électrique à l'Opéra aura lieu au mois de septembre prochain, ce sera la deuxième installation en Autriche-Hongrie avec station centrale, la première fonctionne depuis 3 ans sans interruption à Temesvar.

La troisième station centrale sera construite à Salzbourg où la maison Siemens et Halske a déjà terminé la pose des conducteurs.

La quatrième sera probablement celle de Vienne dont la concession a été cédée par M. Fischer à MM. Siemens et Halske et qui sera installée dans le *Neubad*. Grâce à l'inimitié et à la mesquinerie de quelques-uns de nos édiles, cette entreprise traîne en longueur depuis plusieurs années déjà, et il est à désirer que les récentes propositions de MM. Siemens et Halske soient bientôt discutées et votées par le conseil municipal.

Le contrat sera fait pour une durée de 50 ans. La redevance à payer à la ville pour l'utilisation des rues sera de 3 o/o des recettes brutes.

Si, dans un délai de 2 ans, la maison Siemens

et Halske se présente avec un projet pour l'installation d'une nouvelle station centrale dans la Blutgasse, la ville s'engage à accorder la concession nécessaire aux mêmes conditions que pour l'installation de Neubad. Quant aux conditions pour la distribution du courant électrique, MM. Siemens et Halske doivent toucher pour chaque installation particulière une somme de 30 francs, il sera ensuite fixé une échelle de prix selon le nombre et l'intensité des lampes. Le loyer annuel des compteurs d'électricité a été fixé :

jusqu'à 10 lampes de	16 bougies	20 francs.
»	26 »	30 »
»	50 »	40 »
»	100 »	50 »

Le prix du courant par heure sera pour une lampe de 10 bougies 4 centimes, de 16 bougies 6 centimes, de 25 bougies 12 centimes, de 50 bougies 18 centimes et de 100 bougieso, 38 centimes.

Ces propositions seront prochainement soumises au conseil municipal et nous ferons connaître le résultat à vos lecteurs.

MM. Schenek et Farbaky dont j'ai décrit les accumulateurs l'année dernière dans ce journal, ont dernièrement pris un brevet pour un nouvel accumulateur dont la construction originale mérite d'être signalée. Les grilles en plomb qu'on retrouve aujourd'hui dans presque tous les accumulateurs ont des alvéoles de grandeur différentes. Les grandes alvéoles sont seules remplies de matière active, tandis que les petites, sont vides, et disposées symétriquement entre les grandes [1].

On sait que sous l'action chimique la masse se dilate, ce qui amène la disjonction de la plaque, de sorte qu'il se produit souvent des courts-circuits. Les petites ouvertures vides permettent à la masse de se dilater sans déformer la plaque. Cette nouvelle disposition augmente considérablement la durée des plaques.

Quant au débit de ces accumulateurs, il dépasse de beaucoup 1 ampère par kilo des électrodes.

Les poids sont de 15,5 kilos pour les électrodes, 4,5 kilos de solution, et 15 kilos pour la boîte, soit un poids total de 35 kilos. La résistance intérieure varie de 0,002 à 0,0026 ohm.

Pendant 2 h. 10 minutes on a pu obtenir de cet accumulateur une décharge de 60,75 ampères-heures, ce qui donne environ 1,75 ampère par kilo de poids total. Ces appareils ont été essayés à l'*Institut électrotechnique* par MM. Frisch, Peukert et Zickler, les ingénieurs de cet établissement.

Les essais se composent de quatre séries d'observations comprenant chacune une décharge de plusieurs heures.

La 1re décharge	durait	6 h. 7 m.	et donnait	24,06	ampères
» 2e	»	5 h.	»	29,65	»
» 3e	»	3 h.	»	45,59	»
» 4e	»	2 h. 10 m.	»	60,75	»

Pour la 1re déch.	la force él.-mot.	diminualt	de	2,10	à	1,94 v.
» 2e	»	»	»	2,18	à	1,90 v
» 3e	»	»	»	2,19	à	1.97 v
» 4e	»	»	»	2,26	à	2, « v

L'accumulateur fournit donc autant que les éléments de l'*Electrical Power Storage C°* employés pour les tramways.

Les résultats constatés à l'*Institut Electrotechnique* de Vienne avec les accumulateurs Schenek et Farbaky concordent absolument avec ceux obtenus par le professeur Kohlrausch à Hanovre, pour les accumulateurs de l'*Electrical Power Storage C°*.

On trouve un rapport de 91 o/o entre les ampères-heures de la charge et de la décharge et le rapport entre les watts-heures est de 78 o/o. Ces résultats sont très favorables.

Etats-Unis

Avertisseur électrique. — M. John Ghegan de Newark (N.J.) a inventé un nouvel indicateur automatique dont le signal indique que le gardien de nuit d'une banque ou d'un établissement quelconque néglige son service de contrôle, ou bien qu'il est en danger et hors d'état d'empêcher l'appareil de fonctionner et de donner le signal.

La figure 1 représente le nouvel appareil ; il comprend un mouvement d'horlogerie, et sur l'axe des minutes, est montée une roue à friction A ; cette roue est en contact avec une autre roue A', montée sur l'extrêmité extérieure de l'armature B de l'électro - aimant B' dont la bobine se trouve dans le circuit d'une pile W, avec un commutateur I permettant de fermer le circuit.

A l'état normal, la roue A' est en contact avec la roue A, mais, sous l'action d'un ressort, quand l'aimant B' est excité, le contact entre les deux roues est interrompu.

Le mouvement d'horlogerie communique à

[1] Voir notre résumé de brevets du 2 avril (n° 178458). N. D. L. R.

l'arbre un mouvement dans le sens indiqué ; par conséquent, la roue A′ tourne dans le sens des doubles flèches, et elle entraîne un bras C qui y est fixé. Sur ce bras est monté un contact isolé *c* relié avec un fil dérivé de la pile W.

Sur le parcours du bras C se trouve un ressort D qui, à l'état normal, est en contact avec un autre ressort E ; ces ressorts forment les bornes du circuit d'une pile W′ qui comprend également une sonnerie O;ce circuit est normalement fermé; une pile locale L est en circuit avec la sonnerie O et avec l'armature de celle-ci.

L'interruption du circuit de la pile W′ met en

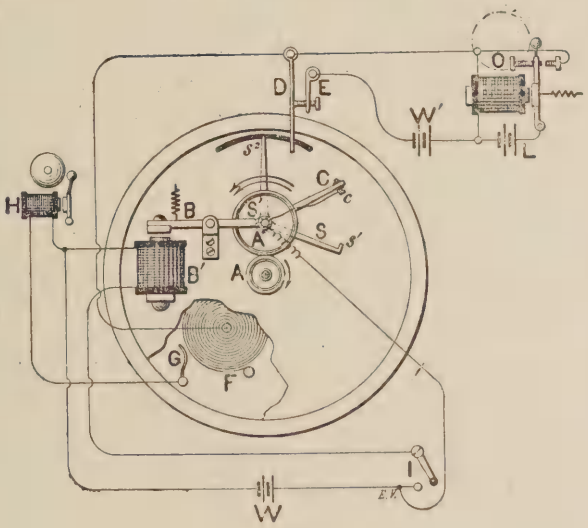


Fig. 1

liberté l'armature de l'électro de O et le trembleur se met en mouvement sous l'action de L.

Quand l'aiguille C, en se déplaçant, vient en contact du ressort D, il tend à rompre le circuit entre D et E, mais celui-ci subsiste quelque temps par suite de l'élasticité des ressorts. Mais, si la pression continue assez longtemps, et si la roue A′ peut continuer son mouvement de rotation, une rupture aura bientôt lieu en ce point, et le signal d'alarme retentira en O.

Le circuit dérivé de la pile W contient, en dehors de l'arrêt C, une sonnerie H, un ressort G, et le spiral F du mouvement d'horlogerie, ainsi que le ressort D lui-même. Quand le contact est établi entre *c* et D, ce circuit est donc complété, en supposant, naturellement que le spiral F soit en contact avec le ressort G ; or, le spiral est disposé de manière à établir un contact avec le ressort, à chaque vibration.

Il en résulte que, tant que *c* et D sont en contact, la sonnerie H frappera une série de coups.

Cette sonnerie annonce au surveillant que le circuit d'alarme est sur le point d'être rompu, à moins qu'il ne tourne le commutateur I, ce qui ferme le circuit de l'électro B′; le contact sera rompu entre les roues A′ et A et sous l'influence d'un ressort (non représenté sur la figure) la roue A′ reprendra sa position primitive et le circuit d'alarme ne sera pas coupé.

Le commutateur I et et la sonnerie H se trouvent tous les deux dans la chambre du surveillant ou de la personne qu'il s'agit de protéger. Dès qu'il entend la sonnerie marcher, il doit fermer momentanément le commutateur I.

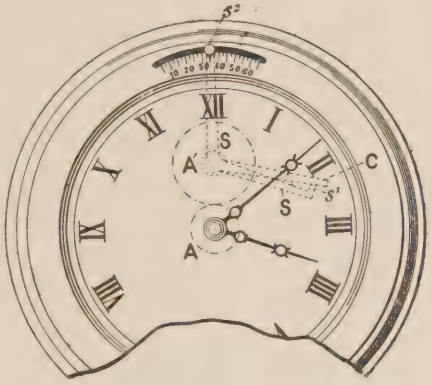


Fig. 2

En réglant la distance à laquelle la roue A′ doit reculer pour chaque rétablissement, on peut déterminer d'avance à quel moment le gardien doit faire fonctionner le commutateur; pour cela, un levier coudé S pivoté en S′, est recourbé à une de ses extrêmités pour former un arrêt *s′* sur le chemin du bras C.

Ce bras est mobile autour de son axe S′ de façon à pouvoir placer la détente *s′* à n'importe quel point du parcours du bras C. Plus cette extrémité s'approche du ressort D, moins il y aura de chemin à parcourir par le bras C et moins il faudra de temps entre deux contacts.

L'autre extrémité s_2 du levier S′ passe sur le cadran du mouvement d'horlogerie et sert d'aiguille pour indiquer sur une graduation représentée sur la figure 2, le nombre de minutes qui s'écoule entre deux contacts successifs.

Si l'appareil est installé dans un fourgon de chemin de fer et si l'indicateur est mis sur 10, il ne s'écoulera jamais plus de dix minutes sans que la sonnerie O ne donne un signal, à moins que

l'employé n'empêche lui-même le signal de se produire de la manière indiquée.

Mais, s'il en est lui-même empêché pour une raison quelconque, on entendra bientôt un signal d'alarme et on pourra prendre les mesures nécessaires pour venir à son aide.

Pour plus de simplicité nous avons jusqu'ici parlé de I comme d'un simple commutateur. En réalité, une série de boutons d'appel sont disposés comme sur la figure 3, de sorte que l'un d'eux I est relié (comme I sur la fig. 1) avec le circuit de pile W et l'électro B', tandis que les autres sont reliés, en circuit ouvert, avec les deux pôles de la pile W', de manière à mettre en court-circuit la sonnerie O.

Ces boutons ne fonctionnent pas de la manière ordinaire, directement sur des contacts, mais par l'intermédiaire d'un commutateur, et il est nécessaire, une fois le contact établi, de le remettre en

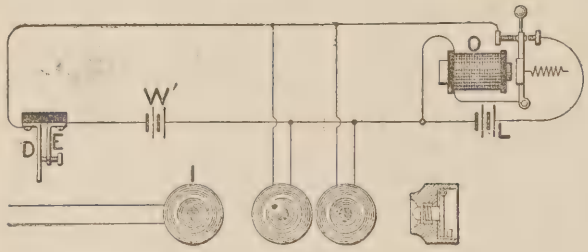


Fig. 3

place. Le bouton relié au circuit de la pile W, au contraire, fonctionne à la manière ordinaire.

Cette construction a pour but d'empêcher un malfaiteur de faire fonctionner l'aimant B' et de rendre tout signal impossible. Un voleur qui essaierait de rétablir l'appareil au moyen du bouton d'appel, pourrait facilement se tromper et faire marcher la sonnerie d'alarme et ainsi hâter le signal qu'il désirait supprimer.

Le gardien lui-même, à l'approche du danger, peut actionner l'un des boutons relié au circuit d'alarme, et faire retentir la sonnerie, sans attendre que le mouvement d'horlogerie fasse son service.

Lorque ce dispositif est employé comme avertisseur de ronde, on peut craindre que le gardien ne ferme continuellement le commutateur I, pour prévenir ceci, on emploie en W une pile Leclanché, ou tout autre élément qui ne puisse fonctionner longtemps à circuit fermé et on s'apercevrait alors du tour du gardien à l'épuisement de cette pile.

La fabrication des piles secondaires en Amérique. — Malgré la grande application qui en a été faite, en Europe pendant ces dernières années, les piles secondaires n'ont pas été adoptées aussi vite en Amérique ; mais en considérant le mouvement actuel, et les occasions qui se sont présentées l'année dernière, on peut affirmer qu'elles trouveront de nombreuses applications et que leur influence sera considérable.

Une usine d'une grande importance vient d'être établie à Newark pour la fabrication des accumulateurs. Cette usine de l'*Electrical Accumulator C°* de New-York peut maintenant fournir plus de 500 éléments par semaine.

Nous avons dernièrement eu le plaisir de suivre les différents stages de la fabrication des piles secondaires depuis le commencement jusqu'à leur achèvement, et nous croyons une courte description de nature à intéresser également vos lecteurs.

La première opération est la fonte des grilles en plomb, qui se fait dans la fonderie. Deux fourneaux contiennent des creusets capables de tenir chacun une tonne de plomb. A mesure que les plaques sortent des moules, leurs bords sont coupés à la machine.

Les plaques sont ensuite garnies de leur pâte dans un second atelier; lesplaques positives sont remplies de minium, les négatives de litharge; elles passent ensuite au séchoir. Après cette opération, les éléments sont prêts à être formés et dans ce but, on les transporte dans une nouvelle salle qui a près de 40 mètres de long sur 15 de large, et qui contient quatre doubles rangées d'éléments.

Entre chaque rangée, on voit un réseau de tuyaux et de siphons en verte qui permettent de fournir aux éléments et d'en enlever l'acide nécessaire à la formation des plaques. Dans toutes les salles, un système de chemin de fer aérien permet de transporter les éléments d'un bout de l'usine à l'autre avec beaucoup de facilité.

Les plaques positives et négatives sont formées séparément; à cet effet, une série de plaques positives ou négatives alternent avec un certain nombre de grilles simples en plomb.

Dans les plaques positives, le minium est transformé en peroxyde de plomb ; cette opération demande environ une semaine; dans les plaques négatives, au contraire, la litharge est réduite en plomb spongieux.

Cette opération ne demande que deux jours et

demi. Quand on sort ces plaques de la solution, l'hydrogène occludé à l'intérieur se combine (?) avec l'oxygène de l'atmosphère, ce qui échauffe sensiblement la plaque; aussi les refroidit-on avec un jet d'eau froide.

L'*Electrical Accumulator C°*, emploie pour ses éléments de 350 ampères-heures, 8 plaques négatives et 7 positives avec une plaque négative à chaque extrémité ; elles sont séparées par des pièces de caoutchouc. Les plaques sont ensuite liées ensemble et placées de sorte que les bandes de communication attachées aux grilles portent sur une bande de plomb. Leurs extrémités sont ensuite fondues au chalumeau sur la bande de plomb ; on n'emploie pas de soudure par crainte de l'action de l'acide sulfurique.

Les plaques sont alors prêtes à travailler.

En sortant de la salle de formation, on entre dans la salle des dynamos; elle contient 10 machines, quatre du type Edison et six construites par M. Griscom. Huit de ces machines sont régulièrement et continuellement en marche car l'usine travaille jour et nuit, et deux dynamos constituent la réserve.

Les moteurs sont installés à côté de la salle des dynamos ; ils se composent d'une machine à deux cylindres de Watts-Campbell, et peuvent développer 200 chevaux.

L'usine est entièrement éclairée au moyen d'une batterie spéciale.

Dans cette nouvelle usine, on n'a rien épargné pour rendre le produit aussi uniforme que possible, et à chaque stage de la fabrication, les éléments sont soumis à un examen rigoureux, de sorte que le moindre défaut est immédiatement découvert et corrigé.

J. WETZLER

VARIÉTÉS

UNE NOUVELLE FORME D'ÉLECTRICITÉ "LE NERVISME"

ET LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

La découverte de l'électricité statique remonte à Thalès ; Galvani reconnut les propriétés du courant électrique et Ampère en fixa les lois mais il était réservé à M. le Dr Luce (3,3 Avec une des Gobelins) , de doter la science de l'*Électricité nervique* ou du *Nervisme*, et l'honneur d'avoir porté ce fait à la connaissance du public scientifique revient de droit à la *Société Internationale des Électriciens*.

Voici, en effet, ce que nous lisons dans le dernier numéro du bulletin officiel de cette Société :

« Monsieur le Président :

« Je vous envoie en quelques mots la notice demandée sur la nouvelle forme d'électricité.

« 1° Dans un milieu conducteur, la formule de propagation est :

$$I = I_1 - KD$$

K étant le coefficient d'absorption du milieu, I la force à la distance D et I_1 la force initiale.

« 2° Elle suit les contours d'un fil, mais a une grande tendance à se propager en ligne droite.

« 3° Sa vitesse est de quelques mètres à la seconde.

« 4° Ses conducteurs et ses isolants diffèrent assez notablement de ceux des formes statique et dynamique ; aussi l'ai-je appelée *forme nervique* ou *nervisme*, parceque, par l'ensemble de ses propriétés, elle se rapproche de la force nerveuse, si elle ne lui est identique.

« 5° On peut la produire avec le mouvement, la chaleur, la pile, l'aimant.

« 6° Le moyen le plus pratique d'en constater l'existence est la sensation qu'elle produit sur la main ou la variation de température qu'elle fait éprouver à un thermomètre tenu dans la main.

« 7° Je m'en sers pour le traitement de toutes les maladies, et elle me permet de supprimer depuis cinq ans l'emploi des médicaments dans ma nombreuse clientèle.

Tout le monde comprendra la stupeur où nous plongea la lecture de ce factum ; le § 7 surtout nous rendait rêveur ; et puis, quelle singulière forme pour une communication scientifique, et pourquoi cette intervention de l'honorable M. Mascart, le Président de la Société : Mystère,

Après une enquête sommaire, et vaine d'ailleurs sur la personnalité du Dr Luce et ses antécédents scientifiques, nous n'avons pas trouvé d'autre solution que d'emprunter à la Presse quotidienne son mode d'information ordinaire, et nous sommes allés *interviewer* l'inventeur du *Nervisme*.

Voici ce que nous avons appris :

M. le Dr Luce appartient à la Société sus-nommée, il en est même membre fondateur, et après avoir appliqué depuis plusieurs années sa découverte, pour le plus grand avantage de la santé de

ses semblables [1], il avait cru le moment favorable d'en saisir le monde savant, et se proposait de faire une communication à la Société des Électriciens.

L'intervention de M. le Président nous a privé de cette *première*.

Sous le fallacieux prétexte que l'ordre du jour était complet, M. Luce était renvoyé à la séance prochaine.....en automne ; en même temps on le priait d'envoyer une notice sur sa découverte, et voilà ce qui nous a valu la communication imprévue du *Bulletin*.

Maintenant, qu'est-ce que le Nervisme?

Ah ! voilà, chers lecteurs, nous n'en savons guère plus que vous et nous serions parfaitement incapables de faire une concurrence déloyale à son inventeur.

Quand vous dirigez un doigt contre telle ou telle partie du corps, sentez-vous quelque chose ? Non, n'est-ce pas, moi non plus, mais nous n'avons pas le don, et puis, nous ne connaissons pas les polarités humaines !

M. Luce lui, sent parfaitement, et ce qui est beaucoup plus fort, fait sentir à ses malades.

Et ce quelque chose, qui peut être également produit par l'aimant, les courants électriques (solénoïdes) ou les courants liquides, se propage en ligne droite, et son intensité suit la loi :

$$I = I_1 - KD$$

C'est là que nous attendions le Dr Luce.

Que diable ! nous ne savons au fond pas grand chose de plus sur la gravitation et les actions électriques et magnétiques, mais au moins, nous savons que dans telles conditions, on aura une force de tant de kilos, donnant lieu à telle vitesse ; une décomposition de tant de grammes d'un sel, un dégagement de chaleur de tant de calories, ou un couple directeur de tant de dyne-centimètres, toutes choses qui peuvent se ramener à des mesures de masses, de temps et de longueurs.

Aussi notre premier soin fut-il de prier notre interlocuteur de bien vouloir définir la « *force.* » (I, I_1) qui entre dans cette formule !... Hélas, la note s'adressait aux physiciens, et cette force, c'est une pure sensation ; tout ce qu'il a de plus subjectif ; quand à K le coefficient d'absorption, il est fonction d'une foule de choses, même de la distance.

Un peu découragé par l'inaccessibilité, l'intangibilité de ces grandeurs, nous n'avons pas insisté sur la mesure de la vitesse de propagation du nervisme.

La conversation languissait, quand par bonheur, en feuilletant un des numéros du journal du Docteur (septembre 1886), dans lequel se trouve expliquée la transmission du nervisme, à travers un fil métallique, du pôle d'un aimant à un *polariseur* destiné à être appliqué ensuite, en guise d'amulette, sur les parties malades, nous relevâmes cette affirmation de M. Luce que l'aimantation varie à la suite de cette transmission. On n'enlève pas indéfiniment du *nervisme* à un aimant, sans modifier quelque peu ses propriétés, et c'est même là l'expérience décisive (*experimentum crucis*) qui permettra de décider — M. Luce nous a promis d'en faire l'expérience publique — ce qu'il y a dans le *nervisme*, quelle est la valeur des travaux de l'inventeur, et s'il y a lieu de lui tresser des couronnes, ou de le renvoyer à l'examen d'une commission de ses confrères.

Prenez un aimant ; si vous le suspendez librement, il va s'orienter dans le méridien magnétique — ça c'est le vieux jeu — mais, quand il aura servi à transmettre du *nervisme* pendant un certain temps ; nous n'osons pas dire quand il aura été *énervé*, essayez de refaire l'expérience, et vous verrez votre barreau pointer dans toutes les directions possibles de la rose des vents ?

Miracle ! dites-vous, ce n'est rien encore, et le nervisme vous réserve d'autres surprises : Laissez l'aimant suspendu, et, peu à peu, reprenant du fluide au milieu ambiant, vous le verrez progressivement revenir à sa position normale !...

Ah ! M. Mascart, voilà peut-être un demi-siècle que vous avez commencé à étudier les aimants, et vous avez, je pense, fait des centaines de mesures ; tous les jours, le personnel du bureau météorologique de France, que vous dirigez, fait consciencieusement ses lectures au déclinomètre, à la boussole et au variomètre, et vous ne vous doutiez pas qu'avec un peu de *nervisme*, on ferait pointer tous vos aimants de l'est à l'ouest.

E. M.

---

[1] Pour tous renseignements sur la partie plus spécialement physiologique et thérapeutique de cette découverte, que pour des motifs qu'on appréciera, nous laisserons complètement de côté, voir : *La Médecine sans médicaments*, journal mensuel par le Dr Luce.

ABONNEMENTS : 33, avenue des Gobelins { France, pour un an, 3 francs. Étranger, le port en sus.

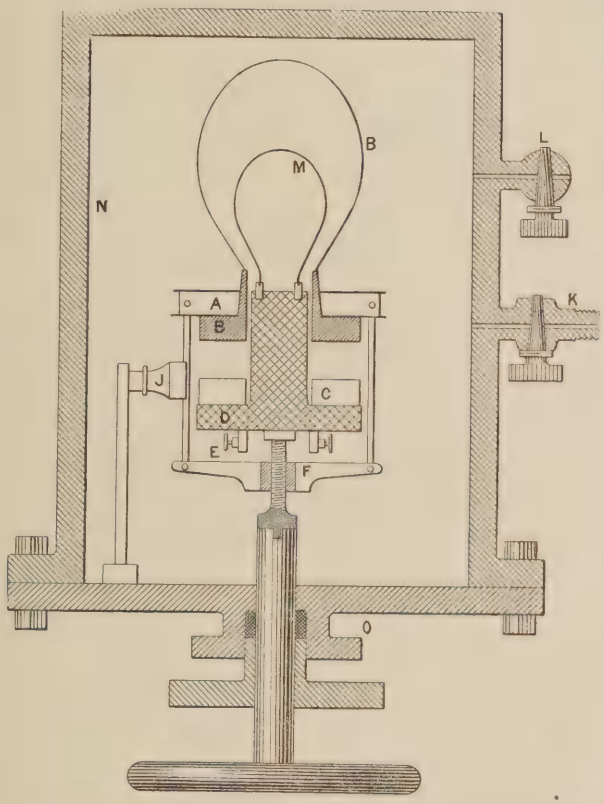
RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

180700. — 7 janvier 1887. — TOURNU. — MODIFICATIONS APPORTÉES DANS LES LAMPES A INCANDESCENCE.

Tout le monde sait que lorsqu'une lampe à incandescence est hors de service par suite de la rupture du char-



bon, l'ampoule de verre peut être brisée, ne pouvant plus resservir.

Pour remédier à cet inconvénient, nous avons signalé déjà un procédé consistant à refaire dans l'ampoule la soudure du filament.

Comme pendant à ce brevet, en voici un autre qui cherche à atteindre le même but, mais par un moyen différent.

Ici, c'est la construction même de la lampe qui est modifiée ; le figure ci-contre montre, en coupe, la première lampe Tournu.

M est le filament de charbon, B l'ampoule de verre portant un collet B' qui repose sur un collier A. Les bornes E sont fixées au tampon de verre D qui supporte un obturateur en caoutchouc C.

F est un support de vis de pression, J un étau maintenant la lampe pendant qu'on fait le vide dans la caisse N dont O est la porte mobile ; enfin L et K sont des ajustages permettant de faire le vide par une machine quelconque et de monter un manomètre indicateur.

Ceci étant, lorsqu'on fait le vide dans la caisse N, l'air contenu dans l'ampoule, passe entre D et le goulot B', puis, lorsque le vide nécessaire est obtenu, il ne reste plus qu'à serrer la vis inférieure, pour coller fortement l'obturateur C contre le collet B'. On ouvre alors la porte O, et la lampe réparée peut être remise en service.

A ce brevet, une addition du 19 janvier 1887, modifie légèrement ce que nous venons de dire.

La caisse N est supprimée et le tampon D se termine par un ajustage avec robinet, pouvant être directement monté sur une machine pneumatique. En somme, quelque mérite que puisse avoir ce procédé, il ne semble pas valoir celui auquel nous faisions allusion plus haut.

180723. — 6 janvier 1887. — MICAEL et MALTERRE — ACCUMULATEUR ÉLECTRIQUE.

La particularité de cet accumulateur réside tout entier dans l'emploi du plomb allié à une quantité variable de mercure.

MM. Michel et Malterre, transformant le plomb métallique en un amalgame assez liquide, qui, mélangé à un corps pulvérulant, forme une pâte susceptible d'être moulée ou appliquée dans des plaques perforées de forme quelconque.

Le liquide excitateur, ne soyez pas étonnés, est l'eau acidulée d'acide sulfurique.

180747. — 7 janvier 1887. — RAFFARD. — PERFECTIONNEMENT APPORTÉ A LA CONSTRUCTION DES MACHINES DYNAMO ÉLECTRIQUES.

Quel que soit le mode d'enroulement, la fixation de l'induit d'une machine dynamo, sur l'axe, est un point délicat qui a toujours préoccupé les inventeurs et les constructeurs.

M. Raffard a déjà, dans le temps, proposé l'emploi de plateaux d'entrainement flexibles, serrant fortement l'induit ; mais s'étant rendu compte que ce système n'évitera pas les voilements et les gauchissements, lorsqu'un choc se produira tout à coup dans la machine, il eut l'idée de se servir de galets également espacés de chaque côté de l'induit.

Ces galets, dont les axes sont dirigés vers l'axe de la machine, sont supportés par le bâtis. Pendant la rotation ils roulent sur les côtés de l'anneau, de manière à obliger celui-ci à tourner toujours dans un plan perpendiculaire à son axe.

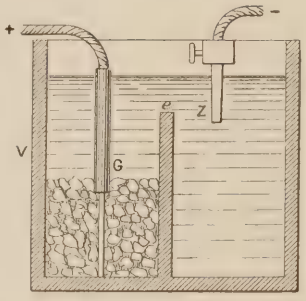
Cette disposition est celle que revendique le présent brevet.

180755. — 7 janvier 1887. — F. JENSEN, WEBB ET J. JENSEN. — PERFECTIONNEMENT DANS LES SONNERIES ÉLECTRIQUES.

La sonnerie Jensen, dont la cloche ou le timbre renferment à l'intérieur, tout le mécanisme, a été exposée en détails, dans un article précédent (*Lumière Électrique* n° 26, 25 juin 1887.

180759. — 10 janvier 1887. — LACROIX. — PILE DANIELL SANS VASE POREUX.

M. Lacroix, voulant éviter l'inconvénient des piles Callaud, dans lesquelles le cuivre provenant de la décomposition du sulfate de cuivre, se porte sur le zinc, pendant que l'action s'affaiblit par la dissolution partielle du sulfate de zinc, a imaginé le dispositif réprésenté dans la figure ci-jointe.



V est un vase en verre divisé en deux compartiments par une cloison moins haute que les bords du vase. Au fond d'une des cases, est placé le sulfate de cuivre, et la tige de cuivre G qui y plonge, est recouverte de gutta-percha dans toute sa partie qui est en contact avec le liquide.

Le zinc Z est placé dans le second compartiment et son extrémité inférieure affleure à la hauteur de la cloison *e*, de telle sorte que le sulfate de zinc formé tombe seul au fond.

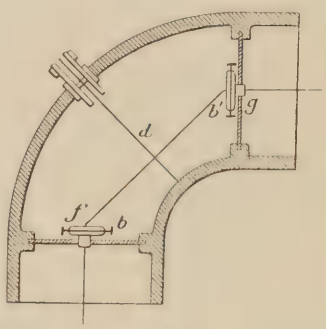
180736. — 6 janvier 1887. — LORD. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX APPAREILS TÉLÉPHONIQUES.

Étant donné ce fait, que dans les transmissions téléphoniques, les angles trop aigus dans les fils, nuisent à la netteté de la parole, M. Lord a imaginé une série de supports permettant justement de courber les conducteurs tout en évitant les angles aigus.

Son brevet comporte 25 revendications et est accompagné de 17 figures. Naturellement, nous ne pouvons les reproduire toutes et nous nous bornerons à la seule image que voici, d'autant qu'elle permet de comprendre suffisamment le principe.

C'est un tube, formé de deux parties et qui renferme en son milieu un disque *d* en parchemin ou en cuir supportant le fil. De chaque côté de ce disque sont encastrées dans les parois, des plaques de bois *f* et *g* portant au centre une perforation que traverse le fil maintenu, en outre, par les vis de serrage *b* et *b'*. Le tuyau ainsi formé peut facilement, comme on le comprend, être dissimulé dans les murs que longent les conduites téléphoniques et protéger le fil aux points délicats de support.

Le brevet de M. Lord comporte aussi, pour finir, un téléphone qui n'a d'original que sa forme ovoïde, et dans lequel la membrane vibrante est placée entre deux caisses résonnantes, où aboutit un tube acoustique ordinaire. Ce



téléphone ne s'accroche pas au mur. Il est suspendu au plafond, et, par son propre poids, il maintient constante la tension des fils conducteurs.

180793. — 10 janvier 1887. — FROST. — PERFECTIONNEMENT DANS LES AVERTISSEURS TÉLÉPHONIQUES CONTRE L'INCENDIE.

Les revendications de ce brevet portent seulement sur le principe de l'appareil avertisseur placé dans le poste des pompiers.

C'est assez simple à expliquer.

Imaginez une boîte accrochée au mur et renfermant un disque qu'un mouvement d'horlogerie peut faire tourner. Autour de ce disque, supposez autant de petits électro-aimants qu'il y a de postes pouvant avertir, et maintenant vous aurez tout compris lorsque vous saurez que la fermeture du courant de signal déclanche le mouvement d'horlogerie, pour permette au disque de tourner jusqu'à ce que ce repaire ne vienne faire coupe-circuit à son passage devant l'électro correspondent au poste qui appelle.

Un voyant indique immédiatement dans quelle direction

il aut porter secours, et de plus, comme le disque est denté et qu'en tournant il actionne le marteau d'un sonnerie, le nombre de coups complète l'indication.

Le courant d'appel peut s'envoyer, soit à la main, en pressant un bouton soit par le feu lui-même en faisant fondre une parcelle d'alliage fusible, convenablement disposé.

180843. — 12 janvier 2887. — LUNEL. — PILE AU CHLORURE D'IODE OU ACCUMULATEUR AU CHLORE.

Chimistes, écoutez-nous, s'il vous plait, un instant, car c'est très chimique ce que nous allons vous exposer.

Les piles au chlore liquéfié, donnent une énergie considérable, mais présentent les dangers ordinaires qu'amène avec lui le chlore condensé.

L'emploi du chlorure d'iode, au contraire, présente les mêmes avantages, sans les inconvénients.

Dans l'accumulateur Lunel, le chlore est d'abord combiné avec l'iode pour donner d'abord un protochlorure (ICl) puis du trichlorure (ICl^3) qui absorbe le chlore, et ce trichlorure est formé en électrolysant une dissolution d'iode dans l'acide chlorhydrique.

Voilà le principe. Maintenant voici la réalisation pratique.

Dans un vase cylindrique ou carré, renfermant une dissolution de chlorure de zinc est une baguette de charbon constituant l'électrode négative.

Au centre de ce vase, on place, en outre, un vase poreux contenant une dissolution d'iode dans l'acide chlorhydrique et une deuxième baguette de charbon formant l'électrode positive.

Comme il est important que ce mélange des deux liquides ne puisse s'effectuer, ce vase poreux est formé d'une pâte faite avec du charbon en poudre, de l'argile et de l'albumine dissoute dans de l'acide phosphorique. Cela étant, lorsqu'on fera l'électrolyse, le zinc se déposera sur l'électrode négative, tandis qu'à l'électrode positive, le chlore se combine avec l'iode, abandonnant l'acide chlorhydrique et formant divers chlorures d'iode qui absorbent le chlore.

Pendant ce premier acte, la réaction pourra s'écrire ainsi :

$$3\,Zn\,Cl + I + H\,Cl = 3\,Zn + I\,Cl^3 + H\,Cl$$

Le trichlorure ainsi formé, se dissoudra il est vrai, dans l'acide chlorhydrique, mais à la limite, lorsque tout l'iode aura été transformé en chlorure, le chlore qui se dégagera viendra se condenser dans le trichlorure, ce qui peut s'exprimer ainsi :

$$5\,Zn\,Cl + n\,Zn\,Cl = (5\,Zn + n\,Zn) + I\,Cl^5 + n\,Cl + H\,Cl$$

Négligeant alors l'action du zinc sur la solution de chlorure de zinc qui restera dans le liquide, on aura, pendant la décharge à l'électrode négative

$$n\,Zn + n\,H\,Cl = n\,Zn\,Cl + n\,H$$

et à l'électrode positive

$$5\,H + nH + ICl^5 + nCl + HCl = 5\,H\,Cl + n\,H\,Cl + I\,HCl$$

avec une force électromotrice de 2 volts environ par élément.

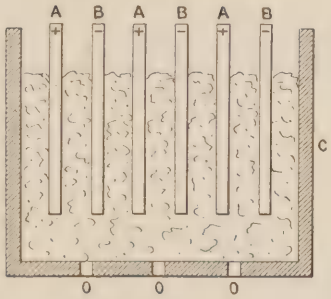
Ainsi parle M Lunel le 12 janvier de l'année 1887.

180881. — 13 janvier 1887. — GÉHU. — NOUVELLE PILE ÉLECTRIQUE.

La pile Géhu est une pile au bichromate de potasse devant donner un courant constant.

La coupe ci-jointe nous montre comme elle est formée. C'est un vase en verre ou toute autre matière percée dans le fond, d'orifices *o*, *o*, *o*.

Cette caisse renferme un nombre quelconque de plaques de charbon A, et de plaques de zinc B, séparées par un



mélange de sable et de sciure de bois paraffinée. Sur le tout, on verse très lentement le bichromate ; la sciure de bois s'est imbibée, elle rend par conséquent l'écoulement très lent, et, retenant ainsi le bichromate, la solution ne sort du vase que complètement épuisée.

Enfin, comme la réaction chimique est continue, le courant est constant, ou doit l'être.

179964. — 11 janvier 1887. — RADIGUET. — PILE A NIVEAU CONSTANT ET A CIRCULATION RATIONNELLE SANS ROBINET.

Ce titre et ce numéro sont ceux d'un brevet que nous avons déjà analysé, et ce que nous en disons ici n'est que pour signaler une addition du 11 janvier dernier.

Cette addition apporte quelques perfectionnements de détail, notamment au siphon de vidange, permettant à volonté de régler la hauteur du niveau du liquide. Elle modifie également la construction du baquet extérieur. Les cloisons y sont remplacées par des manchons deux fois perforés, et l'herméticité de la jonction du manchon avec le fond du baquet est obtenue par un bain de sable.

P. CLEMENCEAU

A suivre.

CORRESPONDANCE

Nous recevons de M. Van Vloten, ingénieur chargé du service de la traction électrique des Tramways Bruxellois, la lettre suivante, à l'occasion d'un de nos faits divers.

Nous avons également reçu de M. Maiche, une lettre au sujet de la dernière Variété de notre collaborateur P. Clemenceau, sur sa machine dynamo; nous la publierons dans notre prochain numéro.

Bruxelles, le 12 juillet 1887

Monsieur,

Le numéro du 9 juillet de votre estimable journal, contient une inexactitude qu'il serait juste de rectifier dans la prochaine publication.

1° La traction électrique *n'a pas été suspendue un seul instant depuis l'inauguration du service.*

2° Pas l'ombre d'un accroc n'est encore survenu *à la station de charge.*

Connaissant votre impartialité bien connue, je vous prierais de bien vouloir démentir ce bruit sans fondement.

Recevez je vous prie, Monsieur, mes salutations empressées.

P. VAN VLOTEN

Ingénieur chargé du service de la traction électrique.

FAITS DIVERS

Le West Metropolitan Tramways C° de Londres avait demandé dernièrement, l'autorisation d'employer la traction électrique sur ses lignes. Cette demande, qui avait été accordée par le Board of Trade et à laquelle s'opposait le Métropolitan Board of Works, a été déposée sur le bureau de la Chambre des Communes et examinée par un Comité de cette Chambre.

Nous sommes heureux d'apprendre que le rapport du Comité conclut en faveur de la compagnie des tramways.

Un fabricant d'instruments de physique à Londres, M. Whiste, a mis en vente un petit appareil composé d'une minuscule lampe à incandescence, alimentée par une petite pile Leclanché et destiné à donner la lumière pendant quelques minutes.

L'appareil pourra être utilisé pour regadrer l'heure la nuit, lire ou écrire une dépêche, etc.

Éclairage électrique

Depuis dimanche soir le dix de ce mois, l'exposition du centenaire des chemins de fer à Vincennes, est éclairée à la lumière électrique qui fonctionne régulièrement les dimanches, lundis et jeudis soirs de chaque semaine.

Plusieurs projets, en vue d'un agrandissement considérable des stations centrales de lumière électrique à Berlin, et de l'établissement de deux nouvelles usines centrales, ont dû être abandonnés, faute d'entente entre le conseil municipal de cette ville et la compagnie Edison.

Cette société a, jusqu'ici, eu le monopole des installations de lumière électrique chez les particuliers, mais le Conseil municipal voulait donner aux consommateurs le droit de faire faire l'installatiou par des tiers, tandis que la compagnie Edison serait seulement chargée de surveiller les travaux, et toucherait, de ce chef, dix pour cent des frais d'installation.

Cette redevance serait réduite à cinq pour cent pour les installations municipales.

La compagnie Edison n'a pas voulu accepter ces innovations, et les négociations ont été interrompues. Les usines centrales appartenant à la Ville vont maintenan être agrandies, de manière à pouvoir fournir le courant pour 40.000 lampes, et, comme l'expérience a démontré que les lampes, en fonctionnement simultané, ne dépassent jamais deux tiers du nombre total, les usines agrandies, pourrait alimenter un quartier contenant 60.000 lampes.

Le représentant viennois de la maison Siemens et Halske a fait savoir au Conseil municipal de Vienne, qu'il lui était impossible d'accepter les conditions proposées par le Conseil, pour l'installation d'un station centrale dans la Koerblergasse.

Il a demandé surtout, une modification de la clause d'après laquelle toute l'installation deviendrait la propriété de la Ville, de plein droit, après trente années d'exploitation.

Les entrepreneurs désirent traiter sur une base nouvelle qui leur donnerait de 30 à 40 ans d'exploitation, avec des conditions générales plus raisonnables, le prix de la lumière fixé par la municipalité, est beaucoup trop bas pour être rémunérateur.

Beaucoup de projets ont été mis en avant ces dernières années, pour l'éclairage électrique de la plus grande partie

de la ville de Copenhague, mais, jusqu'ici, aucun d'eux n'a été suivi d'effet.

En raison des nombreuses demandes faites à la municipalité, celle-ci s'est enfin décidée à accorder des concessions dans de certaines conditions, et, pourvu que chaque entreprise possède une station centrale, avec des moteurs de 150 chevaux au moins.

Une de ces concessions est pour l'éclairage de toute la surface de l'Exposition Industrielle Internationale, qui aura lieu à Copenhague l'année prochaine ; une autre conprend les rues et places principales. La municipalité a également été saisie d'un projet pour l'éclairage électrique de toute la ville, mais il a été decidé que le gaz ne sera pas remplacé dans les rues par la lumière électrique, à cause du prix trop élevé de ce dernier éclairage.

En Suède, l'introduction de la lumière électrique est beaucoup facilitée par les nombreuses forces hydrauliques qui fournissent une force motrice à bon marché.

La ville de Gothembourg va, prochainement, être entièrement éclairée à la lumière électrique et à Stockholm, le nouvel éclairage fonctionne déjà dans un théâtre.

En Norvège, la municipalité de Christiania va entreprendre l'éclairage électrique de la ville, et elle a envoyé le directeur des téléphones, en Allemagne et en Angleterre, avec misssion de présenter un rapport sur le fonctionnement des stations centrales de lumière électrique dans ces pays.

La gare principale de Christiania est éclairée par le système Edison.

Télégraphie et Téléphonie

La conférence internationale relative à la protection des câbles sous-marins qui s'était réunie, le premier de ce mois, s'est séparée le 5 juillet.

Les représentants des diverses puissances contractantes ont décidé de signer un protocole fixant au premier mai 1888 l'entrée en vigueur de la convention du 14 mai 1884, sous la réserve que les cinq états signataires qui n'ont pas encore voté les lois prévues à l'article 12 de la convention, auront, à cette date, adopté les mesures destinées à assurer l'exécution de cet arrangement international.

Nous avons annoncé dans le temps que l'ancien conseil municipal avait décidé, à la date du 25 avril dernier, que les conseillers municipaux de Paris seraient abonnés, aux frais de la Ville , à la compagnie des téléphones.

Cette décision a été reprise et réalisée par le nouveau conseil, à la date du 13 juin, sur la proposition du Préfet de la Seine, et depuis le 1 juillet, tous les membres du Conseil municipal sont reliés au réseau de la compagnie, moyennant un prix fait de 30.000 francs.

Il est assez curieux de rappeler que, quand il s'est agi de relier, par téléphone, les postes de police entre eux, et avec la Préfecture de police le Conseil municipul a écarté ce projet par des motifs d'économie.

Il s'agissait pourtant alors, non pas de l'utilité ou de l'agrément de quelques personnes, mais de la sécurité de tous.

Il parait que le fonctionnement de la ligne téléphonique ouverte le 25 juin dernier, entre Paris et Rouen laisse beaucoup à désirer.

On s'est servi, par des raisons d'économie, d'une ligne téléphonique en fil de fer galvanisé et la conversation est très difficile, et parfois même impossible.

L'installation d'un service téléphonique à Montévidéo, date déjà de 1882.

Une première compagnie fut fondée à cette époque, au capital de 2.500.000 francs, pour l'exploitation des appareils Bell et Blake. Le réseau comprenait 700 milles de fils avec 674 abonnés en 1884. Le prix de l'abonnement est de 20 francs par mois pour la Ville même.

En mars 1884, une deuxième compagnie, la *Uruguaya*, se forma avec d'autres appareils, son réseau comprend 1473 milles de fils avec 1291 abonnés. Cette société établit une moyenne de près de 5000 communications par jour et occupe un personnel de 91 employés.

Le personnel du bureau central est composé exclusivement de femmes et de jeunes filles.

Le réseau télégraphique de la république d'Uruguay se compose des lignes suivantes :

1° La ligne télégraphique nationale de Montévidéo à l'île de Florès, et celle d'Artigas à Melo ;

2° La compagnie du *Telegraph River Plate*, dont la ligne terrestre a une longueur de 223 kilomètres et qui relie Montévidéo à Buenos-Ayres, par un câble sous-marin de 160 kilomètres.

La compagnie possède cinq bureaux et occupe 32 employés en Uruguay. Elle a transmis en 1884, 1958 dépêches à l'intérieur, et 17.965 à l'étranger, 8654 télégrammes ont été expédiés en transit.

3° Le *Télégraphe oriental* ayant des stations à Montévidéo, Pando, Migues, Minas, Tapès, Gutierrez, Treinta y tres, Tacnari, Artigas et Yaguaron.

Dans cette dernière ville, la communication se fait avec le réseau télégraphique du Brésil. La ligne est d'une longueur de 430 kilomètres.

4° La compagnie *Platino Brasilero* possède une longueur de ligne de 829 kilomètres et dispose de 14 bureaux et de 40 employés.

Elle a transmis, en 1884, à l'intérieur, 30533 dépêches et 5642 à l'extérieur.

La dompagnie *Rio Uruguay*, établie entre Salto et Concordia, communique à Salto avec la compagnie Platino-Brasilero et à Concordia avec le télégraphe national.

6° La compagnie *Sub-Uruguayo* relie Paysandu à Conception del Uruguay.

7° Télégraphe du chemin de fer Nord-Ouest Uruguay avec 7 stations.

8° Télégraphe du chemin de fer central Uruguay avec 21 stations.

7° Télégraphe du chemin de fer de l'Est.

Les négociations entre les administrations des télégraphes belge et allemande ont nbouti à la convention suivante :

Une ligne sera établie, pour commencer, entre Verviers et Aix-la-Chadelle. Le tarif sera 1 fr. 25 ou 1 marc par 5 minutes d'entretien, pour les premiers 50 kilomètres de distance, de 2 fr. 50 ou 2 marcs pour les distances supérieures.

Nous avons annoncé le mois dernier qu'une communication téléphonique directe avait été ouverte entre Hambourg et Brême, et l'administration des télégraphes a maintenant fait commencer la construction d'une nouvelle ligne, de Hambourg à Kiel, qui sera ultérieurement prolongée jusqu'à Flensbourg.

Le réseau téléphonique de Hambourg qui, en 1881, comprenait 920 kilomètres, était, avant la construction de la ligne de Brême, de 2950 kilomètres.

En ajoutant 113 kilomètres pour cette dernière, et 192 kilomètres pour la ligne projetée à Flensbourg on arrive à un développement total de 3255 kilomètres.

Le professeur Elisa Gray a demandé au bureau des brevets à Washington, de pouvoir modifier son brevet téléphonique.

Il revendique par son brevet, entre autres choses : un récepteur téléphonique, composé de la combinaison dans un circuit électrique d'un aimant et d'un diaphragme monté à proximité, au moyen duquel on peut reproduire exactement les sons émis devant le transmetteur. La modification que désire faire M. Gray consiste dans l'introduction du mot *métallique* devant le mot *diaphragme*. Le bureau des brevets n'a pas encore donné sa décision.

Il résulte du rapport officiel publié par l'administration des télégraphes de l'Etat, en Suède, pour l'année 1885, que le réseau téléphonique établi et exploité par l'administration, comprenait, à la fin de l'nnnée, 1101 lignes. avec un développement de 2173 kilomètres de fils et 1255 appareils dont 57 sont installés dans les bureaux télégraphiques et les stations téléphoniques centrales et 1.198 chez les abonnés.

Le nombre des stations téléphoniques centrales s'élevait à 15, et celui des bureaux télégraphiques auxquels sont reliées les lignes téléphoniques à 46.

En ce qui crncerne le nombre des communications téléphoniques échangées dans le courant de l'année 1885, il s'est élevé aux chiffres ci-après :

Télégrammes consignés par téléphone aux bureaux télégraphiques.....	14 519	27 527
Télégrammes remis aux destinataires par l'intermédiaire du téléphone.....	13 008	
Conversations téléphoniques.....		7 154
Total.....		34 681

Les abonnemente au service téléphonique ont donné un produit de fr. 152.616,70 auquel viennent s'ajouter fr. 242,90 de taxes perçues pour des conversations privées ce qui porte le chiffre total de la recette du service téléphonique à la somme de fr. 152.859,60.

Après déduction des dépenses pour l'entretien, l'exploitation, il est resté un excédent de recettes de fr. 38.994,8 qui devrait être employé l'année suivante à l'extension ultérieure du réseau téléphonique de l'État.

En ce qui concerne l'extension des lignes téléphoniques privées qui ne sont pas en communication avec le système télégraphique, l'Administration ne possède de renseignements exacts que pour les localités pourvues d'un service télégraphique.

A la fin de l'année 1885, le nombre des lignes téléphoniques privées s'élevait approximativement à 10.000 avec une longueur totale de 15.000 kilomètres et 11.000 appareils.

Il y avait donc, à la fin de 1885, en chiffres ronds, 11.000 lignes téléphoniques gouvernementales et privées, ayant un développement de 17.000 kilomètres et 12.200 appareils.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 30 JUILLET 1887 N° 31

SOMMAIRE. — Le rôle de l'électricité dans la cristallisation ; C. Decharme. — Nouveaux appareils de mesures ; E. Meylan. — Sur l'emploi du shunt dans la méthode balistique ; P.-H. Ledeboer. — La télégraphie sous-marine ; E. Wunschendorff. — De l'emploi du téléphone dans les signaux électriques domestiques ; K...e. — Système de réglage automatique des distributions électriques, par M. Menges ; A. Hillairet. — Sur l'utilisation du flux d'induction magnétique dans les machines dynamos ; C. Reignier. — Revue des travaux récents en électricité : Sur le phénomène de Peltier dans une pile hydro-électrique, par M. P. Duhem. — Nouveau tourniquet électrique, par M. E. Bichat. — Distribution de l'électricité sur une surface fermée convexe, par M. Robin. — Sur l'emploi du shunt dans la méthode balistique, par M. G. Cabanellas. — Sur la période de 26 jours de la variation diurne des éléments du magnétisme terrestre, par J. Liznaer. — Sur la force électromotrice des couches métalliques très minces, par M. Oberbeck. — Sur la détermination de l'inclinaison magnétique par les déviations d'une aiguille aimantée, par J. Liznaer. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr Michaëlis. — Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettres de M. Maiche ; de MM. Dumont et Pauthonier. — Faits divers.

LE

ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ

DANS LA CRISTALLISATION

Depuis la découverte du galvanomètre multiplicateur, on sait, d'une manière absolument certaine, que dans toute action chimique il y a production d'électricité, en quantité plus ou moins notable, selon la nature des corps en présence.

Si, dans le jeu de l'*affinité*, il y a manifestation d'électricité, en est-il de même pour la *cohésion*, qui est bien aussi une force chimique?

On sait, d'autre part, qu'en faisant intervenir l'électricité, on détermine la cristallisation d'un grand nombre de substances. Mais la réciproque est-elle vraie?

La cristallisation spontanée est-elle nécessairement accompagnée d'une manifestation appréciable d'électricité?

Si nous consultons, à ce sujet, les annales de la science et les ouvrages traitant de l'électricité, nous trouvons très peu d'exemples et d'expériences propres à élucider la question.

M. Mascart [1] se contente de dire : « Quelques expériences semblent indiquer que la solidification d'un corps produit de l'électricité. »

M. Becquerel [1] fait plus que douter, il nie : « En ce qui concerne, dit-il, le dégagement d'électricité dans les changements d'état des corps, on n'en trouve pas. » Affirmation trop absolue, car nous citerons plus loin des faits qui prouvent, au contrairs, que dans le phénomène de la cristallisation (pour ne parler que de ce seul changement d'état), il y a production non équivoque d'électricité.

Remarquons d'abord que, quand nombre de phénomènes d'ordre physique et chimique témoignent, sans conteste, de la corrélation très intime qui existe entre les *mouvements moléculaires* des corps et leur *état électrique*, il serait peu logique d'admettre que, dans la cristallisation, l'électricité fût absente.

Ainsi, pour prendre un exemple parmi les effets physiques, les phénomènes vibratoires qui se produisent dans les transmissions téléphoniques, sous l'influence d'un très faible courant électrique, nous indiquent que la constitution moléculaire d'un corps solide est extrêmement variable, quoique dans des limites peu étendues. La plus faible modification dans le courant électrique peut se

(1) MASCART, *Traité d'électricité statique*, t. II, p. 525.

(1) BECQUEREL : *Des forces physico-chimiques*, p. 30.

traduire par des mouvements moléculaires capables de se propager à des distances considérables dans le fil conducteur.

Réciproquement, il est logique de penser qu'une modification dans l'état moléculaire d'un corps doit mettre en jeu de l'électricité. Si dans le phénomène de la solidification et en particulier de la cristallisation, on ne recueille que des quantités très minimes d'électricité, cela peut tenir à ce que dans les conditions expérimentales employées, l'électricité se recompose, ou qu'elle est absorbée plus ou moins complètement par le travail d'édification cristalline.

D'autre part, la manière d'être de l'électricité fait prévoir le rôle multiple que cet agent peut jouer dans les divers phénomènes physiques, chimiques et mécaniques.

Il n'est pas douteux que l'électricité existe immobile ou circulant partout, latente ou sensible, autour de nous, en nous-mêmes; qu'elle entre en cause dans la plupart des phénomènes physiques, mécaniques, chimiques qui s'accomplissent constamment sous nos yeux. Un corps ne peut changer de nature, d'état, de température, de forme, de place même, sans que l'électricité ne soit mise en jeu, sans qu'elle accompagne ces modifications, si elle n'y préside.

C'est, comme la chaleur, l'agent naturel par excellence ; c'est le moteur indispensable des molécules des corps ; c'est la force invisible et toujours présente qui opère, sur les dernières parcelles de la matière, ces mouvements, ces vibrations, ces rotations qui ont pour effet de changer les propriétés des corps. En pénétrant dans leur structure intime, elle en oriente ou groupe les atomes, éloigne ou rapproche les molécules. Ne serait-il pas étonnant, d'après cela, qu'elle n'intervint pas dans le phénomène merveilleux de la cristallisation [1]?

La cristallisation, en effet, dépend de la *cohésion*, et cette force, dans la théorie thermique, ne serait pas distincte de l'affinité, comme la dissolution et la dissociation ne le seraient pas de la combinaison.

Il faut dire, à cette occasion, qu'il y a, entre l'affinité, la chaleur et l'électricité, une telle corrélation, une telle dépendance, que les physiciens ont cherché à ramener à un principe unique toutes ces causes actuellement distinctes [1].

La théorie mécanique de la chaleur a fait faire un grand pas à la science dans cette voie.

L'équivalence des forces mécanique, thermique, chimique a été démontrée ; il ne s'agit plus que de choisir, entre ces forces, celle qui doit être adoptée comme principe unique, pour rendre compte de tous les phénomènes qui dépendent de ces causes de divers ordres. Mais, dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible encore d'expliquer complètement, par la chaleur ou par l'électricité, prises isolément, tous les effets dépendant des causes précitées.

Il faut se borner, quant à présent, à étudier les rapports qui lient entre elles les principales forces naturelles : affinité, forces moléculaires, chaleur, électricité, lumière.

Mais il est admis, d'après la dépendance mutuelle de ces forces, que, dans tout phénomène naturel, il y a concours simultané plus ou moins apparent de ces causes.

Pour expliquer les phénomènes électriques ou magnétiques et aussi ceux de la cristallisation, il est admis que les atomes qui constituent les corps sont entourés chacun d'une sorte d'atmosphère formée de courants électriques, grâce auxquels ces atomes s'attirent ou se repoussent par certains côtés, et produisent les effets variés qu'on observe en différentes circonstances. Les atomes, dans cette hypothèse, seraient donc de petits électro-aimants, se comportant comme de véritables aimants.

Entièrement libres dans les gaz, mais moins dans les liquides et moins encore dans les solides, ils peuvent néanmoins, dans ce dernier cas, s'arranger, se polariser dans un ordre régulier, spécial à chaque espèce d'atomes, pour produire des cristaux à formes géométriques, caractéristiques de chaque espèce.

Ainsi que le fait remarquer M. Saigey, (*Physique Moderne*, p. 181) :

« Tant que les atmosphères des molécules voisines ne se touchent pas, aucune trace de cohésion ne se manifeste ; dès qu'elles s'abordent, la force naît.

---

(1) « Lorsque les molécules des corps, simples ou composés, perdent leur position naturelle d'équilibre pour une cause quelconque, il y a production d'électricité, de chaleur et quelquefois de lumière, effets concomitants » (M. Becquerel, *Éléments d'électro-chimie*, p. 183.)

(1) *La Lumière Électrique*; articles de M. Moutier, t.VI, VII, X, XI, passim. Théorie des phénomènes électriques.

On comprend pourquoi les températures de fusion et de solidification sont fixes pour un même corps ; ces effets ont lieu au moment précis où ces atmosphères, variables avec la température, ont atteint le diamètre voulu. »

Bien que le phénomène de la cristallisation ne dépende pas essentiellement de la température, mais plutôt de la quantité relative de liquide qui tient la substance en dissolution, on conçoit qu'il arrivera un moment où le liquide, ayant diminué, par suite de l'évaporation, les atmosphères des molécules du corps dissous, seront assez rapprochées les unes des autres pour s'attirer, s'orienter, se polariser, se juxtaposer symétriquement, et en un mot, pour cristalliser.

Avant de donner des exemples de la production d'électricité dans le phénomène de la cristallisation, il convient d'examiner préalablement les différentes circonstances où l'électricité agit directement comme cause déterminante de la cristallisation, ou intervient parmi les causes qui provoquent et entretiennent le phénomène. Deux mots d'abord de la cristallisation elle-même.

On sait que la *cristallisation* est le passage ou plutôt le résultat du passage d'un corps, de l'état liquide ou gazeux, à l'état solide.

Elle se produit, quand la substance a perdu sa cohésion par une cause quelconque, et que cette cause cessant d'agir, le corps revient lentement à l'état solide.

Dans ces conditions, il peut affecter des formes régulières, géométriques, dites *cristallines*. On réalise ces conditions par différents procédés : fusion, volatilisation, dissolution, voie sèche, voie humide, voie électrique.

Nous verrons plus loin des exemples de ce dernier moyen.

Ajoutons que la cristallisation peut être regardée comme une propriété générale des corps ; car la plupart des substances sont susceptibles de cristalliser.

Si certains corps paraissent amorphes au premier aspect, il suffit d'examiner leur cassure, à la loupe ou au microscope, pour s'assurer qu'ils sont formés d'un grand nombre de petits cristaux juxtaposés.

Beaucoup de précipités amorphes deviennent cristallins à la longue.

Dans l'examen des cristallisations diverses qui vont nous occuper, nous distinguerons :

1° Celles qu'on produit en faisant intervenir directement un courant électrique ;

2° Celles où l'électricité est produite manifestement par de petits couples voltaïques résultant de la présence de deux métaux différents dans la dissolution en expérience ;

3° Celles où il n'y a pas de couples voltaïques artificiels, mais où il est prouvé que l'électricité est une des causes qui concourent à la production du phénomène ;

4° Enfin, celles où il est rationnel d'induire par analogie avec les précédentes, que l'électricité n'est pas absente du phénomène.

I. — On sait qu'au moyen de l'électricité voltaïque ou d'induction, on peut faire cristalliser un grand nombre de substances.

Despretz a essayé de ce moyen sur le charbon, soit en employant l'électricité issue d'une bobine de Ruhmkorff, soit en faisant intervenir le courant d'une faible pile de Daniel, pendant des mois entiers.

Il a obtenu, dans les deux cas, sur les fils de platine, une poudre noire où l'on a reconnu de très petits cristaux octaèdriques ayant la propriété de polir rapidement et complètement les rubis, propriété caractéristique des diamants.

L'emploi d'appareils voltaïques à forte tension a permis à M. Cross de former artificiellement, un grand nombre de substances minérales, parmi lesquelles nous citerons : le carbonate de chaux, l'arragonite, le quartz, l'arséniate de cuivre, le carbonate bleu, le carbonate vert, le soufre cristallin, etc.

Relativement aux produits formés avec le concours de l'électricité (oxydes, sulfures, chlorures, iodures, etc.), voir : *Des forces physico-chimiques*, par Becquerel, p. 231.

Nul doute sur le rôle que joue l'électricité dans les effets chimiques de la galvanoplastie ; mais il ne sera pas inutile pour notre sujet, de remarquer que quand, dans cette opération, le courant est devenu trop faible, le dépôt métallique, au lieu de se faire en couche mince, adhérente et uniforme, s'effectue parfois en bourrelets, en rognons *cristallins*, cassants. Quand, au contraire, le courant est trop fort, le dépôt est pulvérulent, c'est-à-dire en cristallisation confuse ou à l'état amorphe.

Nous verrons plus loin une application de cette remarque. On réalise d'ailleurs tous les effets intermédiaires de cohésion, de forme et de couleur des dépôts galvaniques.

Lorsque dans une dissolution d'acétate de plomb contenue dans un vase, on fait passer un courant par deux électrodes en platine, on voit se former au pôle négatif d'abondantes arborisations de plomb métallique qui croissent sous les yeux de l'observateur (fig. 1).

Le phénomène est des plus intéressants, quand au moyen de la lumière solaire ou électrique, on projette sur un écran ces végétations brillantes qui se développent soudain en cent rameaux divers. On croirait assister à la végétation rapide d'une plante (fig. 2).

Le même phénomène se produit non moins brillamment avec une dissolution d'azotate d'argent, (fig. 3). Un grand nombre de dissolutions

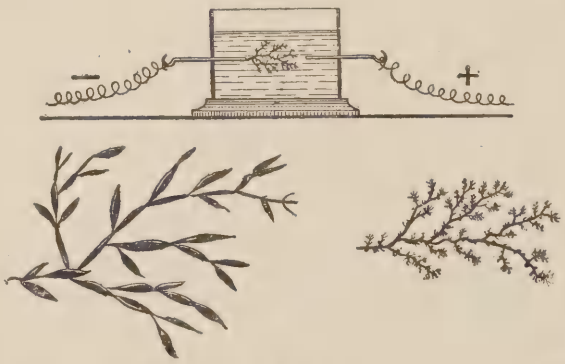


Fig. 1, 2 et 3

salines se prêtent à ces décompositions où le métal est mis à nu et sous forme cristalline.

Nous verrons plus loin un autre moyen de produire des ramifications analogues, sans employer directement de courant électrique.

(A suivre) C. Decharme

NOUVEAUX

APPAREILS DE MESURES [1]

Dans notre premier article nous avons passé rapidement en revue les galvanomètres proprement dits : nous verrons aujourd'hui ce qui se rapporte aux électro-dynamomètres, aux électromètres ; enfin nous dirons un mot de quelques instruments particuliers : le pendule de M. Carpentier, un rhéostat continu de la maison Bréguet, les appareils piézo-électriques de M. Curie, etc.

Électro-dynamomètre de M. Carpentier

Le type de l'électro-dynamomètre industriel

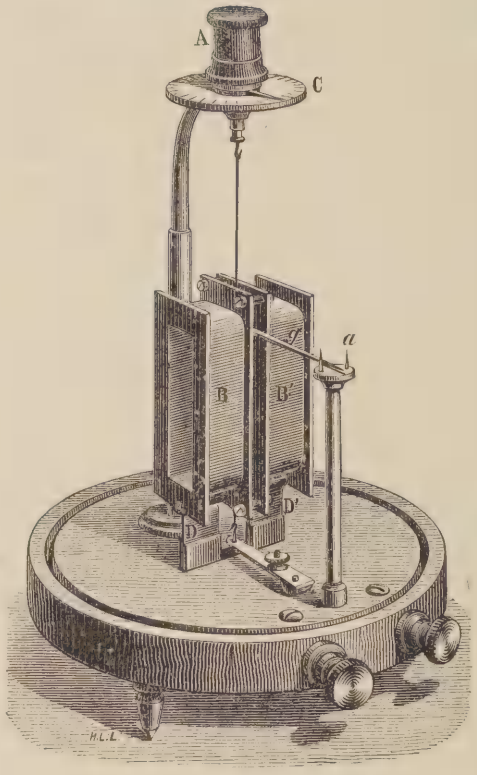


Fig. 1

était jusqu'à présent celui de M. Siemens, à ressort spiral et bouton de torsion ; et il est à remarquer qu'il n'existe encore, à notre connaissance du moins, qu'un seul électro-dynamomètre industriel à lecture directe, c'est *l'Inspectionnal Voltmèter* de Sir W. Thomson [1].

Les électro-dynamomètres de M. Carpentier, car il y en a toute une série, destinés à servir soit d'ampèremètres, soit de voltmètres ou de wattsmètres, ne diffèrent pas en principe de celui de Siemens, si ce n'est que le ressort spiral et la

[1] Voir *La Lumière Electrique* du 23 juillet 1887.

[1] Voir *La Lumière Électrique* du 11 juin.

suspension en soie sont remplacés par un fil métallique de torsion.

L'appareil représenté figure 1 est un ampèremètre destiné à la mesure des courants intenses; sa construction n'offre rien de bien particulier; on voit en B' les bobines fixes, formées d'un ruban de cuivre très épais, faisant un certain nombre de tours; la bobine mobile reliée en quantité avec le ruban fixe est identique au cadre d'un galvanomètre Deprez-d'Arsonval à gros fil; il est muni d'une aiguille d'aluminium *g* (voir le détail fig. 2), dont l'extrémité joue entre deux butées *a*; l'équilibre s'obtient naturellement en tournant le bouton supérieur jusqu'à ce que cette aiguille flotte librement. On lit alors en C la torsion.

Comme ces instruments peuvent être employés avec des courants de haut potentiel, et comme il ne faut pas trop compter sur l'isolement absolu d'un transformateur ou d'une machine, on a pris

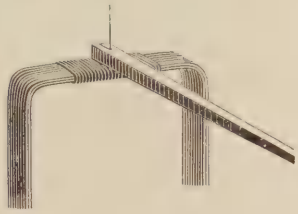


Fig. 2

la précaution d'ajouter au bouton ordinaire de torsion, un bouton extérieur en ébonite, qui dépasse le globe de l'instrument.

La question de l'emploi des électro-dynamomètres, de la manière que nous avons indiquée, est toujours discutée, et il y a encore lieu d'étudier le rôle que joue, dans ce cas, la self-induction de plusieurs circuits en arc parallèle. C'est une étude qui sera faite prochainement dans ce journal.

La maison Ganz et Cie exposait également à la séance annuelle de la *Société de Physique*, par l'intermédiaire de la Cie Edison, un électro-dynamomètre assez semblable à celui que nous venons de décrire.

Électromètre industriel ou Voltmètre électrostatique (1)

Il est généralement admis que les électromètres, sont des instruments assez délicats; l'incontestable avantage qu'ils présentent comme voltmètres devait cependant conduire à en étudier une forme assez robuste pour les usages industriels, et l'on peut même s'étonner que la solution se soit fait attendre aussi longtemps.

C'est Sir W. Thomson, l'illustre inventeur de l'électromètre à quadrant, qui l'a transformé, dans le courant de 1886, croyons-nous, en un appareil industriel, le voltmètre électrostatique (1), qui n'est autre chose qu'un condensateur à capacité variable.

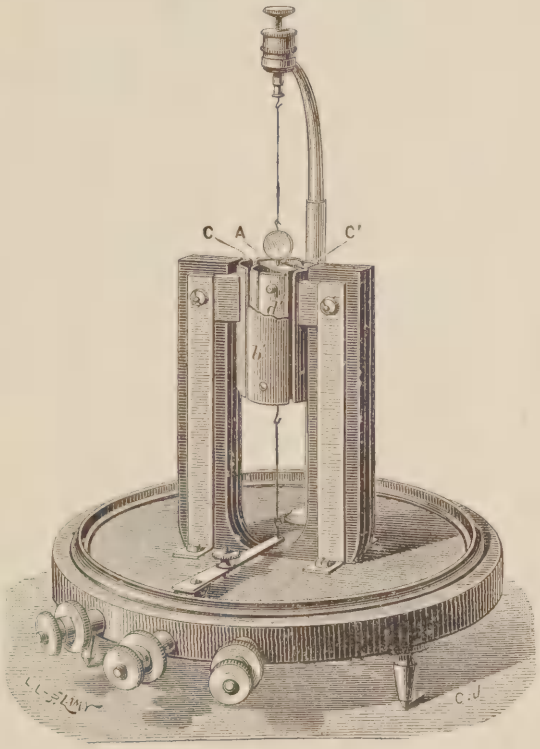


Fig. 3

MM. Curie ont également transformé l'électromètre à quadrant, en le rendant apériodique par l'aimantation des secteurs, et en employant, en outre, les fils métalliques comme suspension.

C'est dans le même ordre d'idées que M. Carpentier a conçu son électromètre industriel, un appareil, qui, nous en sommes certain, ne tardera pas à devenir aussi familier aux électriciens que le galvanomètre Deprez-D'Arsonval.

Cet appareil, dont la figure 3 montre la vue d'ensemble et la figure 4 une coupe transversale

(1) Voir *Comptes Rendus*, t. CIV (13 juin).

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXII, 1886.

est, comme l'électromètre à quadrant, un condensateur à capacité variable, mais, dans ce cas, les quadrants ont une forme cylindrique, et l'aiguille elle-même se transforme en un cadre, dont les côtés verticaux sont également des parties de cylindre.

Les huit secteurs cylindriques sont réunis métalliquement quatre par quatre (ceux du même angle dièdre); le cadre, muni d'un miroir, est suspendu à un fil métallique de torsion, et tout l'appareil est placé entre les branches d'un aimant en fer à cheval.

On comprend immédiatement le jeu et l'emploi de l'appareil : comme instrument industriel, comme voltmètre, il fonctionne d'après la méthode idiostatique : on réunit le cadre mobile et une paire de quadrants à l'un des points, et la seconde paire des quadrants à l'autre des point dont on veut

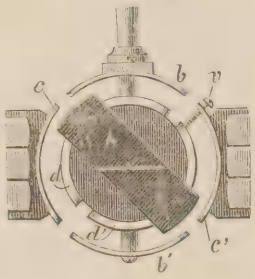


Fig. 4

mesurer la différence de potentiel. La déviation est donc proportionnelle (entre certaines limites) au carré du potentiel mesuré, et cela, aussi bien pour les courants alternatifs que pour les courants constants.

Pour certains usages, tels que les enregistreurs météorologiques, l'appareil pourra avantageusement être employé avec pile de charge, d'après la méthode hétérostatique.

Il est évident que l'électromètre constitue l'appareil de mesure par excellence, l'énergie qu'il absorbe étant pratiquement nulle; quant à l'amortissement, il est comparable à celui des galvanomètres Deprez-d'Arsonval, dans les meilleures conditions.

Comme on le voit, les aimants sont munis de pièces polaires ; en outre, les quatre secteurs intérieurs sont en fer, ils forment ainsi comme le noyau ; ces secteurs sont fixés à un disque intérieur en ébonite, et le tout est soutenu avec deux des secteurs extérieurs en cuivre *bb'* par un support ; les deux autres secteurs extérieurs *cc'* sont fixés directement aux pièces polaires.

L'ébonite est l'isolant qu'on a employé dans les diverses parties; tel quel, l'appareil ne peut naturellement servir pour les mesures de charges proprement dites, il faut une source constante.

On remarquera l'analogie de principe, sinon de forme, de cet appareil, et de l'électromètre Edelmann, modifié par M. E. Gérard, et qu'il a décrit ici même.

Parmi les électromètres, on remarquait encore l'appareil de M. Lippmann, qui a déjà été décrit dans ce journal (vol. XX, p. 30), mais nous ne nous étendrons pas à son sujet, l'instrument exposé par la maison Bréguet n'étant pas encore terminé.

Citons également l'appareil piézo-électrique, de M. Curie, relié à son électromètre apériodique (voir *La Lumière Électrique*, vol. XXII, p. 57); la petite plaque de quartz constitue en somme le meilleur étalon connu de quantité d'électricité, et en relation avec une capacité constante, il fournit un étalon de force électromotrice absolu ; il peut ainsi servir à étalonner chaque fois l'électromètre.

Pendule électrique de M. Carpentier

C'est également un appareil de mesure, pour le temps, dont on peut très souvent avoir besoin dans un laboratoire.

Comme on le sait, dans tout pendule suspendu à l'air libre, deux causes principales tendent à amortir les oscillations, et finalement à ramener le pendule au repos; ce sont, en premier lieu, la résistance de l'air, enfin le frottement à la suspension et le déplacement du point d'appui ; or, c'est précisément le mouvement, inverse bien entendu, de ce point d'appui que M. Carpentier a utilisé pour entretenir le mouvement de son pendule.

Le déplacement a lieu sous l'action d'un courant électrique, dont l'intensité est quelconque du reste, et qui est commuté à chaque oscillation par un dispositif de contact magnétique, qui constitue l'originalité du système.

Ce pendule est représenté par les figures 5 et 6 ; la suspension est constituée par une lame d'acier très flexible R fixée à la tige, et en outre à l'armature d'une sorte de relais polarisé, dont la bobine E est parcourue par le courant d'une pile (2 Le-

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CIV, (13 juin).

clanché). Cette armature est pivotée en O, et son bras le plus long oscille en A entre les deux pôles N, S, d'un aimant. De cette manière le déplacement du centre d'oscillation du pendule est extrêmement faible ; d'après l'auteur il suffirait par exemple de 0,02 m.m.

Voyons maintenant comment s'opère la commutation du courant :

La tige du pendule porte un petit aimant *s,n*, et en face, fixé sur le support, est le commutateur proprement dit, formé d'une pièce de fer doux a *a'*, montée sur un axe à son centre, et

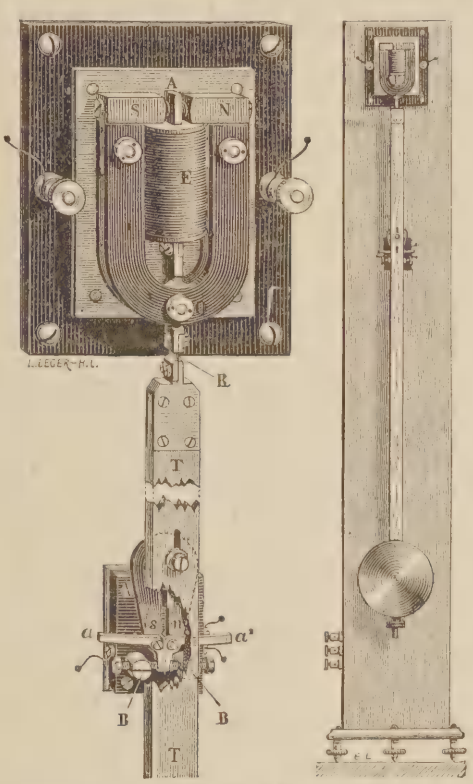


Fig. 5 et 6

qui peut osciller entre les vis de contacts BB' ; cette pièce est arquée, et le centre de l'arc est le même que le centre de suspension, de sorte que les pôles sont toujours à la même distance. On comprend le fonctionnement de ce dispositif ; dès que le pendule a dépassé la verticale d'un certain angle, l'attraction magnétique, n'étant plus symétrique par rapport au centre de la pièce de fer doux la fait basculer d'une très faible quantité, ce qui suffit par établir les contacts nécessaires, et comme les lignes de force sont presque normales au déplacement de l'aimant, on ne dépense presque pas de travail pour opérer ce contact, à l'inverse de ce qui arrive avec les dispositifs mécaniques.

De cette manière, le trouble apporté au mouvement du pendule est aussi faible que possible.

Comme on le voit, le principe de l'entretien du mouvement est le même que celui des pendules de M. Guilmet, et il paraîtrait du reste que l'électricité avait déjà été employée par M. Joly dans un pendule de ce genre exposé à Vienne en 1883.

Rhéostat continu de la maison Bréguet

Il est commode dans un certain nombre d'expériences de laboratoire d'avoir un rhéostat dont on puisse faire varier la résistance progressive-

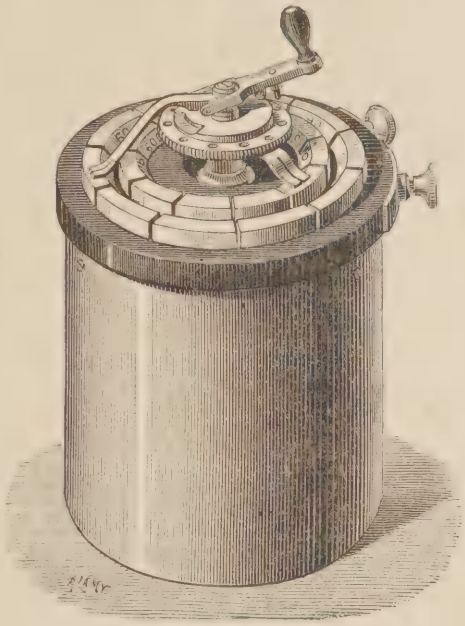


Fig. 7

ment, sinon d'une manière tout à fait continue. En particulier, quand il faut ramener l'aiguille d'un galvanomètre périodique à une déviation déterminée, par l'adjonction de résistances, la boîte ordinaire à fiches ne remplit pas la condition de continuité.

C'est dans ce but qu'a été construit le petit rhéostat dont la description clora cet aperçu ; il permet d'introduire des résistances, variables de 10 en 10 depuis 0 à 990 ohms, en n'exigeant que 9 bobines de 10 ohms et 9 bobines de 100 ohms; ces bobines, en fil de maillechort, sont simplement roulées sur des cadres plats en papier paraffiné et le tout prend fort peu de place.

Les séries de bobines chevauchent entre deux séries de plots disposés circulairement sur le couvercle de la boîte et numérotés respectivement de 0 à 90 et de 0 à 900 ; la série extérieure est celle des dizaines.

Les deux plots 0 sont reliés respectivement à l'une des bornes, et deux frotteurs en communication électrique se déplacent sur les deux séries de contacts.

Le premier de ces frotteurs est relié à la petite manette qu'on voit sur la figure, il parcourt le cercle des dizaines ; le second fait corps avec une couronne percée de 10 trous, dans lesquels peut venir se placer une petite goupille fixée à la manette, mais qui, à l'ordinaire, est maintenue éloignée, par le fait qu'un teton appartenant également à cette manette, porte sur un disque fixe.

Quand le frotteur extérieur a fait le tour des contacts des dizaines, le teton rencontre une encoche pratiquée dans le disque, la manette s'abaisse, la goupille pénètre dans un trou, et le second frotteur introduit alors la résistance 100, tandis que le premier revient sur 0, et ainsi de suite.

Ce petit appareil est un des derniers qu'ait construit notre regretté collaborateur M. P. Samuel, ancien chef du bureau des mesures de la maison Bréguet.

E. Meylan

SUR L'EMPLOI DU SHUNT

DANS LA

MÉTHODE BALISTIQUE

M. G. Cabanellas a publié dernièrement dans les *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences, (séance du 11 juillet 1887) une Note que nos lecteurs trouveront dans la *Revue des Travaux*.

Cette Note a pour but de démontrer qu'il est inexact de se servir d'un shunt dans la méthode balistique, surtout lorsqu'on emploie un galvanomètre Deprez-d'Arsonval. L'auteur constate que, quand la résistance du shunt est de 25 ohms, (la résistance du galvanomètre étant de 222 ohms) l'erreur commise est de 75 o/o environ, c'est-à-dire que la quantité trouvée avec l'emploi du shunt n'est que le quart environ, (94/24) de la quantité réelle.

Comme nous nous sommes servi constamment dans des travaux antérieurement publiés dans ce journal, du galvanomètre Deprez-D'Arsonval comme galvanomètre balistique avec l'emploi d'un shunt dont la résistance était encore plus faible (cette résistance n'atteint que quelques ohms) que celle dont il est question dans la Note, il s'en suivrait que nos résultats seraient complètement faux.

Nous nous voyons donc dans la nécessité absolue de réfuter les conclusions auxquelles arrive l'auteur de la note en question.

Nous sommes d'ailleurs surpris que l'auteur n'ait pas reconnu lui-même l'inexactitude de son assertion.

En effet, nous avons publié les vérifications relatives à l'emploi du shunt par des méthodes directes [1]. Puis nous avons contrôlé directement la valeur obtenue à l'aide d'un galvanomètre Deprez-d'Arsonval, employé comme galvanomètre balistique et avec un shunt de 10 ohms, avec la valeur obtenue à l'aide d'un galvanomètre balistique sans shunt [2]. Nous avons pu ainsi constater des différences de 1/50, différences qui sont de l'ordre de grandeur des erreurs d'expériences.

Lorsqu'on charge un condensateur, ou lorsqu'on établit le courant dans une bobine, à travers deux fils, le partage des quantités totales d'électricité qui circulent dans les fils se fait comme le partage des courants continus, pourvu toutefois, que les fils aient une capacité négligeable, qu'ils soient dépourvus de self-induction et qu'ils n'exercent aucune influence l'un sur l'autre.

On peut donc se servir d'un shunt dans la méthode balistique pourvu qu'on satisfasse aux trois conditions suivantes :

1° Il faut que le courant de charge ou de décharge ne dure qu'une fraction inappréciable de la durée d'oscillation du galvanomètre ;

2° Il faut que le shunt et le galvanomètre lui-même soient dépourvus de self-induction et qu'ils n'aient aucune capacité électrostatique appréciable;

3° Il faut que l'introduction du shunt ne change pas les conditions du galvanomètre.

La première condition est ordinairement satisfaite pour la charge du condensateur. Ainsi, un microfarad prend une charge qui ne diffère pas

[1] *La Lumière Électrique*, t. XXI, p. 68.
[2] *La Lumière Électrique*, t. XXI, p. 121.

d'un millième de sa charge finale, dans une durée de temps qui n'excède pas un 1/500 de seconde, lorsque la résistance totale est de 200 ohms.

Avec des bobines et surtout des électro-aimants, on arrive rapidement à une durée qui est de l'ordre de grandeur des oscillations. C'est un point auquel il faut bien faire attention [1].

La seconde condition n'est jamais tout à fait remplie; aussi faut-il par des expériences directes s'assurer que l'influence perturbatrice due à cette cause n'est pas trop considérable.

La troisième condition est également importante, surtout pour les galvanomètres Deprez-d'Arsonval, et c'est à l'oubli de cette condition qu'il faut attribuer les résultats auxquels arrive l'auteur de la note.

Soit un galvanomètre périodique sans amortissement: on aura entre la quantité d'électricité q qui donne l'impulsion δ et l'intensité de courant i à laquelle correspond la déviation permanente α la relation

$$\frac{q}{i} = \frac{\delta}{\alpha}\frac{T}{\pi}$$

T étant la durée d'une oscillation simple [2].

Lorsque, comme cela arrive toujours dans la pratique, le galvanomètre possède un certain amortissement, mesuré par le décrément logarithmique λ, on a, pourvu que λ soit petit :

$$\frac{q}{i} = \frac{\delta}{\alpha}\frac{T}{\pi}\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

Dans presque tous les galvanomètres, le décrément logarithmique λ est fonction de la résistance totale du circuit galvanométrique, et il augmente lorsque cette résistance diminue. Weber avait même basé sur ce fait une méthode pour comparer les résistances des conducteurs, et on peut par ce moyen déterminer la résistance en valeur absolue [3].

On aura donc pour une autre mesure

$$\frac{q'}{i'} = \frac{\delta'}{\alpha'}\frac{T}{\pi}\left(1 + \frac{\lambda'}{2}\right)$$

(1) *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 589.

(2) *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 533.

(3) M. Baille, *Annales Télégraphiques*, 1884, p. 89.

et si l'on a la condition :

$$\frac{i}{\alpha} = \frac{i}{\alpha'}$$

il vient

$$\frac{q'}{q} = \frac{\delta'}{\delta}\,\frac{1 + \frac{\lambda'}{2}}{1 + \frac{\lambda}{2}}$$

Ainsi, il ne suffira pas de prendre le rapport des impulsions pour obtenir le rapport des quantités d'électricité qui ont traversé le galvanomètre.

Dans un galvanomètre périodique, nous avons trouvé, par exemple :

Circuit ouvert :

$$\lambda = 0{,}0598 \qquad 1 + \frac{\lambda}{2} = 1{,}0299$$

Circuit fermé sur faible résistance :

$$\lambda = 0{,}193 \qquad 1 + \frac{\lambda}{2} = 1{,}0965$$

Si donc on fait d'abord une expérience à circuit ouvert et puis avec un shunt d'assez faible résistance, il faudra multiplier le résultat, en dehors du facteur qui provient du shunt, par le facteur

$$\frac{1{,}0065}{1{,}0299} = 1{,}064$$

C'est-à-dire qu'il faudra augmenter la quantité calculée d'après la formule du shunt de 6,4 o/o. C'est, sans doute, quelque chose de ce genre que l'auteur de cette note a constaté et qu'il attribue à une *erreur* de la méthode balistique.

Avec le galvanomètre Deprez-d'Arsonval cette influence est encore bien plus considérable et nous avons même publié une formule [1] qui permet de déterminer le décrément logarithmique en fonction de la résistance et des autres données du galvanomètre.

Puis, nous avons montré que le facteur [2] devient $e = 2{,}72$ lorsque le mouvement est apériodique, mais sur le point de devenir périodique. Pour un galvanomètre qui doit présenter quelque

(1) *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 583.

(2) *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 589.

analogie avec celui dont s'est servi l'auteur, ceci avait lieu pour une résistance externe d'environ 100 ohms.

Il faudrait donc multiplier le nombre 38,6 de la 5e colonne de la note en question par 2,72; ce qui donne 105, nombre supérieur à Q = 94.

Ainsi, c'est l'oubli de cette circonstance qui fait attribuer, par l'auteur de la note, la différence qu'il a constatée une erreur de la méthode.

Nous finirons par une expérience directe que nous avons effectuée avec le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, en maintenant bien entendre la résistotale toujours égale à elle-même:

Shunt	Déviation du courant continu	Impulsion charge condensateur
200 ohms	12,0	11,7
100 —	6,0	5,8
50 —	3,0	2,9

On voit que dans ces conditions, le rapport entre les impulsions est le même que celui des déviations permanentes sous l'influence du courant continu.

Ainsi, l'emploi du shunt avec la méthode balistique est parfaitement légitime, pourvu qu'on se place dans les conditions voulues.

P.-H. Ledeboer

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE (1)

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

Malgré les modifications qu'on a proposé à diverses reprises, d'apporter à leur construction, tous les câbles sous-marins (2) immergés jusqu'à ce jour, ont été établis d'après le type créé par M. Crampton en 1851, pour la ligne de Douvres à Calais, et comprennent:

1° Un conducteur central dans lequel circule le courant électrique;

2° Une enveloppe isolante empêchant la déperdition de l'électricité, du fil central au milieu conducteur dans lequel le câble est immergé;

3° Un revêtement extérieur destiné à protéger l'enveloppe isolante contre les avaries qui pourraient l'atteindre durant la pose et à donner au câble une ténacité suffisante ponr en permettre le relevage ultérieur en cas de besoin.

L'ensemble du conducteur et de son enveloppe isolante se désigne généralement sous le nom d'*âme*.

1° Conducteur

A. *Propriétés mécaniques et électriques*

Le cuivre étant de tous les métanx usuels celui dont la conductibilté électrique est la plus élevée, a été, jusqu'à ce jour, presque universellement adopté pour former le conducteur central des câbles sous-marins.

Le tableau ci-dessous donne, d'après M. Benoit(1) la conductibilité, par rapport à l'argent pur, des principaux métaux et alliages, à la température de 0° centigrade :

Argent pur recuit	100
Cuivre recuit	90 (2)
Argent (750/1000e) recuit	80
Or pur recuit	71
Aluminium recuit	49,7
Magnésium écroui	36,4
Zinc pur recuit à 350°	27,5
Zinc pur écroui	25,9
Cadmium pur écroui	22,5
Laiton recuit	22,3

(1) Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* du 23 juillet 1887.

(2) Il faut en excepter le câble de la mer Noire qui n'a eu qu'une durée éphémère, celui d'Oran à Carthagène qui n'a jamais pu être complété et quelques autres lignes plus anciennes et de moindre importance qui n'ont également pu fonctionner.

(1) Comptes-rendus de l'Académie des sciences, année 1873. vol. LXXVI

(2) MM. Matthiessen et Van Bosc avaient trouvé pour la conductibilité du cuivre, obtenu par l'électrolyse : 99, 95 (*Annales de Poggendorff*, année 1862, vol. CXV)

Acier recuit	14,0
Étain pur	13,3
Bronze d'aluminium recuit	13,0
Fer recuit	12,7
Palladium recuit	11,1
Platine recuit	9,77
Thallium	8,41
Plomb pur	7,76
Maillechort recuit	5,80
Mercure pur	1,61

Le cuivre jouit en outre de la propriété, précieuse pour les câbles sous-marins, de s'allonger de 10 à 15 o/o avant de se rompre. Il en résulte que, si le câble est soumis à une traction, le conducteur ne peut se briser qu'après le revêtement protecteur extérieur et que la communication se trouve par suite maintenue jusqu'à la dernière limite. Le cuivre employé pour la construction des câbles sous-marins étant choisi plutôt en vue de ses propriétés électriques que de ses propriétés mécaniques, ne résiste généralement qu'à une traction de 28 à 29 kilogrammes par millimètre carré. On admet ordinairement, dans les applications télégraphiques, le nombre 8,89 comme représentant la densité de ce métal.

Dans les premiers temps de la télégraphie sous-marine, on croyait reconnaître suffisamment la pureté d'un cuivre par sa facilité à passer à la filière ; les causes des différences considérables qui séparaient les nombres obtenus par divers physiciens pour la conductibilité de ce métal, restaient inexpliquées. Cette conductibilité, rapportée à celle de l'argent représentée par 100, était de :

95,3	suivant	Becquerel
67,2	—	Riess
73,4	—	Lenz
91,2	—	Davy
66,0	—	Christie
200	—	Harriss
95,4	—	Buff
73	—	Pouillet
98,7	—	Arndsten

Dans cette liste, les nombres obtenus par Becquerel, Lenz et Arndsten, seuls, correspondent à des mesures prises à une température uniforme qui était de 0° centigrade.

En 1857, durant la fabrication du premier câble atlantique, Sir W. Thomson reconnut que la présence dans le cuivre de substances étrangères, même en quantités minimes, altérait dans des proportions très marquées, la conductibilité de ce métal, et il signala les conséquences qui en résulteraient pour la vitesse de transmission des signaux dans le câble. Sur la demande du Comité d'enquête nommé par le Gouvernement anglais et la Compagnie atlantique, le docteur Matthiessen fit, en 1860, une étude complète de la question. Il observa d'abord l'effet qu'exerce sur la conductibilité du cuivre pur (préparé avec les plus grands soins par l'électrolyse), l'introduction des principales substances que l'on rencontre associées au cuivre naturel, et analysa ensuite différents échantillons de cuivres du commerce dont il mesura la conductibilité électrique. Il reconnut que l'addition de simples traces d'arsenic fait tomber la conductibilité du cuivre de 100 à 60 ; lorsque la proportion d'arsenic atteint 5 o/o, la conductibilité du cuivre n'est plus que de 6,5. Elle est réduite de 100 à 78 par l'addition de 0,05 de carbone ; à 92 par celle de 0,18 de soufre et à 70 par celle de 0.13 de phosphore. L'action de l'oxygène est encore plus énergique : en fondant du cuivre pur au contact de l'air, pendant très peu de temps, de telle sorte que les traces de sous-oxyde de cuivre formé ne pouvaient même être dosées par les moyens que l'analyse chimique possédait à cette époque, M. Matthiessen réduisait sa conductibilité à 76 ; elle se relevait à 96 en faisant passer dans le métal fondu, pendant trois heures, un courant d'hydrogène qui réduisait le sous-oxyde.

L'influence des métaux, quoique moins sensible, en général, que celle des métalloïdes agit dans le même sens. Un alliage de cuivre pur et de 3,20 o/o de zinc n'a plus qu'une conductibilité représentée par 59 ; avec 1,33 o/o d'étain, elle tombe à 50 et à 35 avec 0,48 o/o de fer. L'addition de 1,22 o/o d'argent, le plus conducteur de tous les métaux, réduit à 90 la conductibilité du cuivre. Il en résulte qu'il est impossible d'augmenter artificiellement la conductibilité du cuivre pur et que l'addition à ce métal d'une autre substance quelconque, a, au contraire, toujours pour effet de diminuer son pouvoir conducteur de l'électricité.

Les bons effets que l'on obtient, au point de vue de la malléabilité et de la ductilité, dans l'affinage du cuivre, par l'addition d'une petite quantité de plomb, s'expliquent par l'expérience suivante due également au docteur Matthiessen.

Un échantillon de cuivre, fondu au contact de l'air, avait pour conductibilité 87 ; on y ajouta 0,1 o/o soit de plomb, soit d'étain, et le tout fut fondu dans un courant d'acide carbonique : la conductibilité remonta à 93, mais on reconnut qu'en même temps la quantité de plomb ou d'étain restant dans le cuivre était si faible qu'elle ne pouvait plus être dosée. Le plomb et l'étain paraissent donc avoir réduit le sous-oxyde de cuivre, et s'être éliminés ensuite en laissant un métal plus pur.

La mesure de la conductibilité de huit échantillons de cuivres du commerce de provenances diverses, donna au docteur Matthiessen des nombres compris entre 98,78 et 14,24 ; l'analyse chimique lui révéla la présence, dans ces cuivres, de traces d'argent, de fer, de plomb, de nickel, d'antimoine, d'arsenic et de sous oxyde de cuivre. L'échantillon classé en tête de la liste ne contenait que des traces d'argent ; l'avant dernier, dont la conductibilité était de 59,34 et qui avait été tiré des Mines de Demidoff, en Russie, et le dernier, qui provenait des Mines de Rio-Tinto, en Espagne, contenaient, seuls, de l'arsenic ; celui de Demidoff en renfermait des traces ; celui de Rio-Tinto, 2 o/o.

On atteint aujourd'hui facilement des conductibilités de 90 à 95 o/o, rapportées au cuivre pur.

Les instruments de mesure électrique sont disposés ordinairement de manière à donner la valeur d'une grandeur qui est l'inverse de la conductibilité et qu'on appelle *résistance électrique* (1). On obtient la conductibilité C d'un fil de cuivre quelconque, par rapport à celle du cuivre pur, à laquelle on donne la valeur 100, en multipliant par 100 sa résistance calculée ρ et en divisant le produit par sa résistance réelle R, à la température de 0° centigrade

$$C = \frac{100\,\rho}{R}$$

La résistance de 1 mètre de fil de cuivre pur, pesant 1 gramme, à la température de 0° centigrade, étant de 0,142 ohm légal (1), celle d'un fil de longueur l exprimée en mètres, et de poids P exprimé en grammes, sera

$$\rho = \frac{0{,}142 \times l^2}{P}$$

La conductibilité d'un fil de cuivre de l mètres de longueur, pesant P grammes et dont la résistance mesurée est de R ohms sera par suite, à 0°

$$C = \frac{14{,}2 \times l^2}{P \times R}$$

On sait, d'après Becquerel, que la résistance électrique des métaux augmente lorsque leur température s'élève. Ces variations ont été mesurées, en 1862, par MM. Matthiessen et Van Bosc qui, après de nombreuses expériences, ont reconnu que, la conductibilité d'un métal à 0° centigrade étant représentée par 100, la conductibilité C_t de ce métal, à la température t, pouvait être exprimée par une relation de la forme

$$C_t = 100 + \alpha t + \beta t^2$$

α et β étant des constantes positives ou négatives.

Dans le cas du cuivre :

$$C_t = 100 - 0{,}38701\, t + 0{,}0009009\, t^2 \qquad (1)$$

Les essais auxquels sont soumis les câbles sous-marins, en cours de fabrication, se faisant tous à la température de 24° centigrades (75° Fahrenheit), on peut, dans la pratique, négliger le terme en t^2, et calculer la résistance R_t d'un fil de cuivre à la température t par la formule simplifiée :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

R_0 étant la résistance du fil à 0°. Les électricien ont admis généralement pour valeur de α entre 0 et 24° centigrades, le nombre 0,00388 qui résulte des expériences de MM. Matthiessen et Van Bosc. La table ci-après qui permet de calculer facilement la résistance d'un conducteur en

(1) Sir W. Thomson a fait construire, depuis quelques années, des boîtes dans lesquelles les conducteurs peuvent être reliés facilement de différentes manières en arcs parallèles, de manière à permettre la mesure directe de la conductibilité des corps. Il a donné le nom de *mho*, inverse de *ohm*, à l'unité pratique de conductibilité, dans le système B. A.

(1) L'ohm légal vaut 1,0112 ohm ancien (unité B. A.) ; l'ohm ancien vaut 0,9889 ohm légal.

(2) *Annales de Poggendorff*, loc. cit.

cuivre, à différentes températures, a été établie avec cette valeur pour α.

Nombre de degrés	Colonne n° 2	Nombre de degrés	Colonne n° 4
0	1,0000	0	1,0000
1	1,0039	1	0,9961
2	1,0077	2	0,9923
3	1,0116	3	0,9885
4	1,0155	4	0,9847
5	1,0194	5	0,9810
6	1,0233	6	0,9772
7	1,0271	7	0,9736
8	1,0310	8	0,9699
9	1,0349	9	0,9663
10	1,0388	10	0,9627
11	1,0427	11	0,9591
12	1,0466	12	0,9555
13	1,0504	13	0,9520
14	1,0543	14	0,9485
15	1,0582	15	0,9450
16	1,0621	16	0,9415
17	1,0679	17	0,9381
18	1,0698	18	0,9348
19	1,0737	19	0,9314
20	1,0776	20	0,9280
21	1,0815	21	0,9246
22	1,0854	22	0,9213
23	1,0892	23	0,9181
24	1,0931	24	0,9131
Pour passer d'une température inférieure à une température supérieure, multipliez la résistance par le nombre de la colonne 2.		Pour réduire d'une température supérieure à une température inférieure, multipliez la résistance par le nombre de la colonne 4.	

D'après M. Benoit [1] qui a étudié l'accroissement de résistance d'un grand nombre de métaux jusqu'à des températures très élevées, la résistance *spécifique* R_t du cuivre, c'est-à-dire la résistance ramenée aux unités de longueur et de section, à une température t, est exprimée en fonction de sa résistance R_0 à la température o par la formule :

$$R_t = R_0 (1 + 0{,}003637\, t + 0{,}00000058\, t^2)$$

L'accroissement de résistance, par chaque degré de température, serait conséquemment un peu plus faible que ne l'admettaient MM. Matthiessen et Van Bosc, et la résistance initiale du cuivre ne serait doublée que vers 255°.

MM. Cailletet et Bouty ont également fait, en 1885, de nombreuses expériences sur la résistance électrique des métaux, mais à de basses températures, pouvant descendre jusqu'à — 122°,82 centigrades. La valeur qu'ils ont trouvée pour le coefficient α, dans le cas du cuivre, est un peu plus forte que celle indiquée par les précédents expérimentateurs et égale à 0,00418, entre les températures 0° et — 58°,22 centigrades.

Enfin, M. Wroblewski, qui a mesuré la résistance du cuivre à des températures comprises entre + 100° et — 201° C, a obtenu pour α, entre 0° et + 23°, des nombres dont la moyenne, dans deux séries d'essais est 0,004096, résultat très voisin de celui indiqué par MM. Cailletet et Bouty. La résistance électrique du cuivre, d'après les expériences de M. Wroblewski, paraît s'approcher de zéro, à une température qui n'est pas très éloignée de celle que l'on obtient en évaporant l'azote liquide dans le vide.

On a proposé récemment de remplacer le cuivre par le bronze siliceux, qui a une conductibilité peu différente de celle du cuivre du commerce et une résistance à la rupture beaucoup plus grande. L'armature en fer pourrait ainsi être allégée, d'où résulteraient à la fois une économie dans le prix de revient des câbles et de plus grandes facilités pour la pose et les réparations [1].

B. *Forme du conducteur*

Les conducteurs des premiers câbles sous-marins étaient constitués par un fil cylindrique,

[1] *Comptes-Rendus*, loc. cit.

[1] M. Vivarez, prenant pour base les poids de métal conducteur et de gutta-percha qui forment l'âme du câble transatlantique français, a établi la spécification suivante pour un câble de mer profonde, dans la constitution duquel entrerait le bronze siliceux.

Bronze siliceux	220	kilogrammes
Gutta-percha	180	»
Jute	80	»
28 fils de fer de 1,25 millimètre de diamètre	500	»
Chanvre et composition bitumineuse	250	»
Poids total dans l'air	1230	kilogrammes

Ce câble qui aurait un diamètre de 25 millimètres pèserait 320 kilogrammes dans l'eau et résisterait à une traction de 2800 kilogrammes, dont la moitié serait supportée par le conducteur. Sa résistance à la rupture serait donc représentée par le poids de 8 à 9 milles marins du câble suspendu verticalement dans l'eau. (*Zeitschrift für Electrotechnik*, 1885).

plein, de 1,65 millimètre de diamètre. Cette forme, qui était la plus simple, était en même temps la plus rationnelle et la plus économique, puisqu'elle présentait, sous un même volume, la plus petite surface. A poids égal de cuivre, on diminuait donc à la fois le poids de matière isolante à appliquer sur le conducteur et la capacité électrostatique du câble: la dépense était moindre et, comme la vitesse de transmission des signaux varie en raison inverse de cette capacité, le rendement commercial du câble se trouvait augmenté. Ces avantages étaient contrebalancés toutefois par divers inconvénients qui ont fait abandonner, dès 1856, le fil conducteur plein pour le remplacer par un toron de plusieurs fils plus fins. Les fils n'étant pas, en effet, tirés d'une masse de métal parfaitement homogène, peuvent non-seulement être plus ou moins cassants par places, mais contenir des défauts ou des parcelles de matières étrangères qui augmentent la résistance du fil et en amènent rapidement la destruction en ces points. Une soudure peut aussi venir accidentellement à manquer; et, dans chacun de ces cas, la rupture du conducteur entraîne la cessation complète des communications. Sur un toron de plusieurs fils, les soudures sont espacées à des intervalles convenables, et il n'y a aucune chance pour que des défauts susceptibles d'amener une interruption se rencontrent exactement au même point sur tous les fils: la rupture fortuite, en divers points, de tous les fils même du toron ne peut conséquemment amener la destruction complète du câble. On a reproché cependant aux torons de produire, lorsque l'un des petits fils qui le composent vient à se briser, des pointes extrêmement fines susceptibles de percer l'enveloppe isolante, bien plus facilement qu'un fil de plus gros diamètre. Les différents fils d'un toron n'étant en outre pas jointifs, laissent passer l'eau tout le long du conducteur, lorsqu'elle peut pénétrer accidentellement en un seul de ces points: la réparation d'une perte pourrait entraîner ainsi le relevage et le remplacement d'une longueur considérable de câble. On a évité ce dernier inconvénient en recouvrant, durant le câblage du conducteur, le fil central d'une petite couche de composition Chatterton dans laquelle viennent se mouler les fils qui sont cordés autour du premier: l'excès de cette matière filtre à travers les intervalles des fils du toron et se lie plus tard à la première couche de l'enveloppe isolante d'une manière si intime que, même sous une pression de 50 à 60 atmosphères, l'eau n'a jamais pénétré au-delà de quelques centimètres le long du conducteur, dans les câble fabriqués de cette manière.

MM. L. Clark et Ch. Bright, dans la construction du câble du golfe Persique, avaient cherché, ainsi qu'on l'a vu plus haut, à réunir les avantages du fil à section circulaire, avec ceux d'un toron, en formant le conducteur de quatre parties segmentaires tirées à travers un tube de cuivre et qui représentaient ainsi un fil cylindrique à section circulaire; mais, ils durent renoncer à leur idée en raison des difficultés de fabrication d'un semblable conducteur.

Aussi le toron est-il devenu depuis lors, d'un usage universel dans la construction des câbles sous-marins. Il comprend quelquefois trois fils, le plus souvent sept, dont un au centre autour

Fig. 45

duquel sont cordés les six autres. Le conducteur du câble direct des États-Unis a été formé, en 1874, par MM. Siemens frères, d'un gros fil central de 2,3 millimètres de diamètre, entouré de onze fils plus petits de 0,9 millimètre.

Si l'on considère (fig. 45), une section de ce conducteur, on voit qu'une aire donnée de cuivre est ainsi renfermée dans un cercle plus petit que si l'on eût employé un toron de fils tous de même diamètre, et la capacité électrostatique de la ligne, pour un diamètre donné de l'âme, se trouve donc diminuée; d'un autre côté, avec les mêmes diamètres de l'âme et du conducteur, le poids de cuivre est plus grand et, par suite, la conductibilité se trouve augmentée. Le gain, à ce dernier point de vue, serait de dix pour cent, d'après M. Siemens; l'influence sur la vitesse de transmission à travers le câble, n'a pu être exprimée en chiffres, mais parait très sensible.

Lorsque l'enveloppe isolante d'un câble immergé a, en un point, une légère fissure, le courant positif, en passant du conducteur en cuivre à la mer, décompose l'eau et les sels qu'elle renferme et détermine la formation de chlorure de cuivre qui est soluble et se dissout dans l'eau, au fur et à mesure de sa production. L'envoi du courant négatif dans le conducteur a pour effet d'at-

tirer sur le cuivre en contact avec l'eau de mer, les éléments électro-positifs de celle-ci : hydrogène, sodium, etc ; les matières terreuses qui peuvent se trouver à la surface du conducteur,

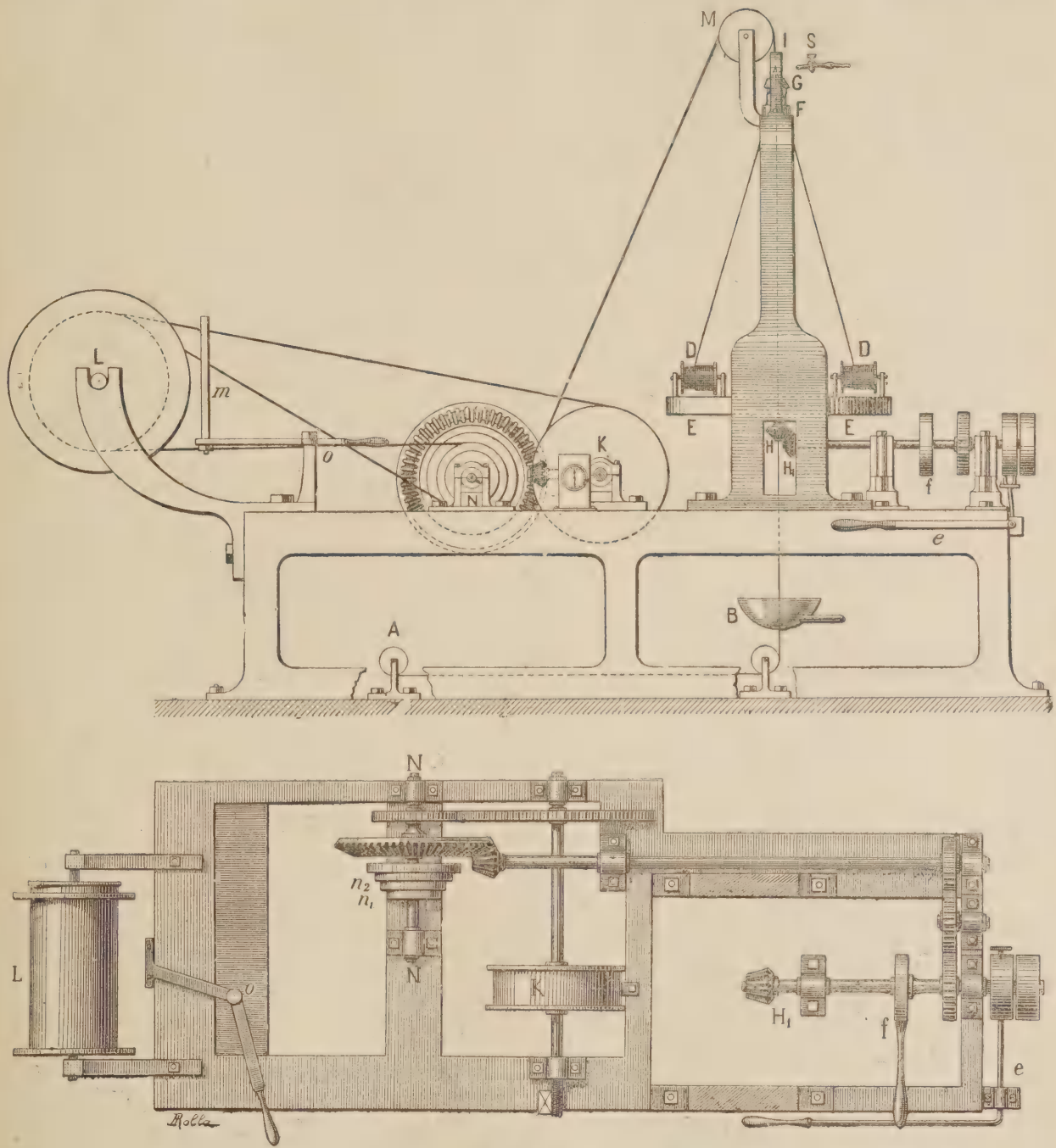


Fig. 48 et 49

sont d'abord réduites, puis l'hydrogène libre se dégage en bulles, en élargissant les parois de la cavité de laquelle le gaz s'échappe. Dans l'un et l'autre cas, la faute est aggravée. La succession rapide des signaux sur les longues lignes sous-marines, exigeant l'émission de courants alternés, les effets des deux courants s'ajoutent, et la destruction du câble en est d'autant plus rapide.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Varley a proposé d'introduire un fil fin de platine dans le toron de cuivre pour maintenir la continuité du conducteur lorsque le cuivre vient à être rongé.

Au point de vue de la capacité électrostatique, on considère un toron comme équivalent à un fil plein à section circulaire, dont le diamètre serait celui de la circonférence circonscrite au toron, diminué de 5 o/o.

La vitesse de transmission des signaux à travers

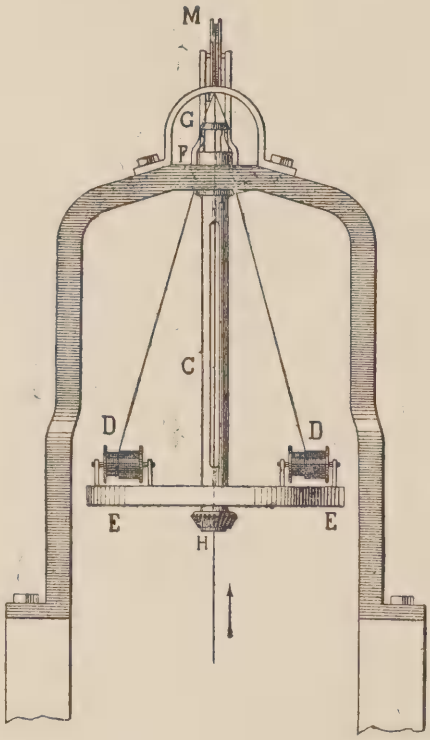


Fig. 48

un câble étant directement proportionnelle au poids du conducteur, il y a intérêt, sur les longues lignes sous-marines, à augmenter ce poids le plus possible. Dans les derniers câbles atlantiques posés, le poids de cuivre varie de 160 à 180 kilogrammes par mille marin, et, exceptionnellement, a même dépassé 200 kilogrammes.

C. *Fabrication du conducteur.*

La fabrication du conducteur en cuivre s'effectue à l'aide d'une machine analogue aux machines à corder.

Elle est représentée en élévation et en plan par les figures 46, 47 et 48.

Le fil destiné à former l'axe du toron est enroulé sur une bobine A (fig. 46) placée sous le bâtis de la machine, passe sous une poulie de renvoi qui lui donne une direction verticale, et traverse, de bas en haut, un vase B, chauffé à la vapeur, et contenant de la composition Chatterton

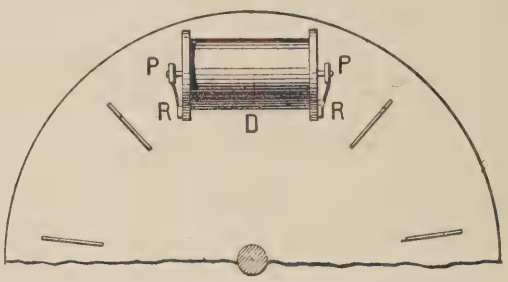


Fig. 49

fondue. Il entraîne à sa surface, une petite quantité de cette matière, suit l'axe d'un arbre vertical creux C à la sortie duquel les autres brins viennent s'appliquer sur lui.

Ceux-ci sont enroulés sur des bobines D, portées par un plateau horizontal E qui tourne avec l'axe C : ils se rendent directement à deux filières F et G placées à l'extrémité supérieure de l'axe vertical et composées de deux cylindres aplatis qui sont percés de trous, en nombre égal à celui des bobines D.

Les trous des deux filières ont une légère cour-

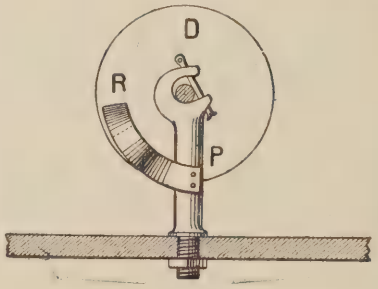


Fig. 50

bure héliçoïdale qui prépare les brins à prendre leur forme définitive. L'axe C recevant, par l'intermédiaire de deux pignons d'angle H, H_1, un mouvement de rotation sur lui-même, fait tourner le plateau E; le fil central se trouvant, de son côté, entraîné avec la tresse déjà fabriquée, les fils des bobines D, au sortir de la seconde filière, s'appliquent en spires plus ou moins allongées sur le fil central. Un jet de gaz enflammé S chauffe sans

cesse le point de réunion des divers brins, afin de ramollir la composition Chatterton, et de permettre aux fils extérieurs de s'y incruster parfaitement. Le toron ainsi formé traverse le guide I, passe sur la poulie de renvoi M, gagne le tambour K sur lequel il fait plusieurs tours et enfin s'enroule sur la bobine L, guidé par une fourchette verticale *m* que l'on peut faire tourner autour de son axe *o*. On diminue la vitesse de rotation de la bobine L au fur et à mesure que la quantité de fil déjà enroulée augmente, en faisant passer successivement la courroie qui lui transmet le mouvement sur les poulies à diamètre croissant n_1 n_2, calées sur l'axe N. Le frein *f* permet d'arrêter rapidement la machine, en cas de besoin, après que la fourchette d'embrayage *e* a été manœuvrée.

Les fig. 49 et 50 montrent les détails de la suspension des bobines D : un ressort P R dont une extrémité P est fixée au support de chaque bobine frotte, par son autre extrémité R, sur la joue de la bobine, de manière à l'empêcher de tourner trop rapidement et à maintenir les fils de cuivre toujours convenablement tendus.

Afin de pouvoir faire varier la distance des deux supports d'une bobine avec la longueur de son axe ces supports, sont mobiles dans des rainures pratiquées suivant des rayons du plateau. Un écrou permet de fixer chacun d'eux dans la position convenable.

L'extrémité de l'axe du tambour K (fig. 46 et 48) est filetée et engrène avec la première roue d'un compteur qui enregistre la longueur de cordelette tressée.

Les torons destinés à la fabrication des âmes de câbles se fabriquent généralement par pièces de 2 milles marins environ de longueur.

E. Wunschendorff

(A suivre)

DE L'EMPLOI DU TÉLÉPHONE

DANS LES

SIGNAUX ÉLECTRIQUES

DOMESTIQUES

Les systèmes de signaux électriques domestiques dans lesquels un grand nombre de postes différents sont en relation avec un poste central, emploient, en ce dernier point, comme chacun le sait, à côté, d'un appareil avertisseur qui presque toujours est une sonnerie électrique, un tableau indicateur permettant de reconnaître de quelle station est parti l'appel. Ce tableau comprend un nombre d'électro-aimants égal au nombre des stations d'appel ; dès que l'un d'eux est parcouru par un courant, il dévie une aiguille aimantée ou fait tomber le *lapin* ou le *clapet* d'un indicateur.

Lorsqu'une installation pareille comprend un grand nombre de stations d'appel, le tableau indicateur acquiert de grandes dimensions qui en rendent son emploi peu pratique et son prix très élevé. M. *Wilhelm Kœhn* de Berlin a inventé un

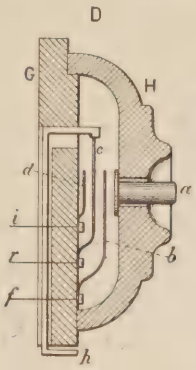


Fig. 1

système de signaux domestiques plus simple, qui n'offre pas les inconvénients que nous venons de signaler. Cette nouvelle disposition brevetée en Allemagne le 31 janvier 1886 sous le n° 38103, permet en outre de surveiller le travail des employés et de savoir à chaque instant si la personne appelée a répondu au signal qui lui a été donné.

Sur la base G (fig. 1) de chaque bouton d'appel sont superposés trois ressorts *b,c,d* qui ne sont pas habituellement en contact; sur celui du milieu, plus long que les deux autres, s'appuie l'extrémité d'un crochet *h* en forme de C. Dès qu'on presse sur le bouton *a*, les trois ressorts sont mis en contact et le ressort intermédiaire en glissant sous l'extrémité du crochet, permet à celui-ci de descendre le long de la paroi jusqu'à ce que l'autre extrémité *h* se trouve à une certaine distance du bouton. Si l'on veut que cette chûte du crochet *h* ne soit pas visible dans la chambre, mais de l'autre côté de la paroi, il suffit de lui donner la

forme d'un Z et de le rendre mobile autour d'un axe fixé à sa partie supérieure ; en descendant il pivotera et sa partie inférieure deviendra visible hors de la paroi. De l'autre côté de celle-ci se trouve alors la montureH du bouton et la pièce *a* traverse la paroi de part en part.

Dans les deux cas, le crochet tombé établit une communication métallique permanente entre les ressorts *c* et *d*, tandis que *b* revient en place dès que cesse la pression exercée sur le bouton *a*.

Sur la paroi postérieure du tableau indicateur Q (fig. 2) se trouve une pièce métallique *m*, qui occupe toute la longueur du tableau et une serie de lames *v* (fig. 2 et 3) plus étroites, dont chacune

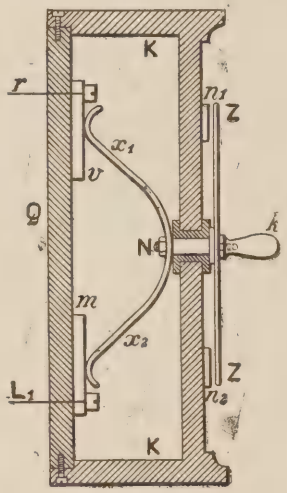


Fig. 2

correspond à une station d'appel ; les lames *v*, placées au dessus de *m*, sont isolées électriquement les unes des autres.

La paroi antérieure de ce tableau présente une rainure dans laquelle glisse un commutateur N que l'on manœuvre au moyen du bouton *k*, et qui pendant son mouvement met successivement en communication les différentes lames *v* avec la plaque *m* à l'aide d'un ressort $x_1 x_2$.

Un index Z placé extérieurement indique en passant devant les différents numéros n_1, n_2, à quel endroit on établit la communication. Les numéros de n_1, n_2 etc., correspondent à ceux des boutons d'appel D_1, D_2..., dont les ressorts *c* sont reliés aux différentes plaques *v* par les fils r_1, r_2...

La fig 3 permet de comprendre l'ensemble de l'installation. D'une des bornes de la pile part un fil L_3 qui traverse l'électro-aimant S de la sonnerie et communique ensuite avec tous les ressorts inférieurs *d* des différents boutons D. De la seconde borne partent deux fils, L_1 qui aboutit à la plaque *m* du tableau, et L_2 que des fils f_1, et f_2... relient aux ressorts extérieurs *b* des boutons.

Dès qu'on presse sur l'un de ceux-ci, D_2 par exemple *b,c,d*, se touchent et *c* et *d* restent en contact ainsi qu'il a été expliqué plus haut ; le circuit $S, L_3 i_2 dcbf_2 L_2$ étant fermé la sonnette fonctionne. Le mouvement du crochet à l'intérieur du bouton établit ensuite le circuit $L_3 i_2 dcr_2 v_2 m L_1$. Lorsqu'on cesse d'appuyer sur le bouton *a*, la sonnette cesse de se faire entendre mais ce dernier circuit reste établi comme il vient d'être dit, ouvert seulement entre v_2 et *m*. La personne chargée de répondre au signal manœuvre alors le commutateur N ; dès que le ressort $x_1 x_2$ établit le contact entre v_2 et *m*, la sonnette sonne de nouveau, ce qui indique de quelle station est venu l'appel ; en

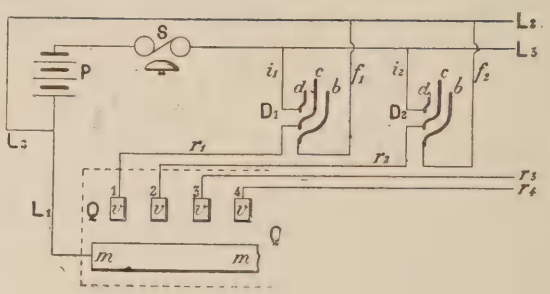


Fig. 3

s'y rendant, la personne demandée remet en place le crochet *h* et rompt ainsi le contact *cd*. Après son retour elle devra de nouveau faire glisser le commutateur N, afin de savoir si pendant son absence un autre appel s'est fait entendre.

On pourra toujours savoir si les appels ont été entendus et suivis ; il suffira de manœuvrer le commutateur N tout le long du tableau ; si l'on entend la sonnette, on saura qu'un des signaux sera demeuré sans réponse.

On trouvera peut-être que la diminution de prix du tableau, provenant de sa construction simplifiée, ne compensera pas la perte de temps et le travail que devra effectuer la personne appelée avant de voir où elle doit se rendre, mais il est bon de remarquer que l'appareil construit par Kœhn permet une application qui n'est pas mentionnée dans son brevet et qui constitue pourtant la solution d'un problème posé depuis longtemps, à savoir l'emploi du téléphone pour les signaux domestiques.

On voit aisément que les divers circuits $L_1 m v_1 r_1 i_1 L_3$ et $L_1 m v_2 r_2 i_2 L_3$, etc., sont habituellement ouverts, chacun d'eux devant être fermé en deux endroits, entre *c* et *d*, et entre *m* et *v*; en outre on peut remarquer que lorsqu'un de ces contacts est établi par la personne qui appelle e l'autre par celle qui répond, le circuit $L_1 L_3$ se trouve fermé.

Si donc l'on place un téléphone en L_1, près du tableau, et des appareils semblables en r_1, r_2, r_3 près des postes D_1 D_2, etc., la personne qui appelle et l'employé appelé pourront communiquer téléphoniquement, et ce système présentera sur les installations semblables déjà décrites (*La Lumière Electrique* 1885, n° 23, vol. 16 p. 445; 1886, n° 1, vol. XIX, p. 1 et n° 25, vol. XX, p. 547) l'avantage que le circuit ne sera fermé que pour ces deux interlocuteurs, ce qui empêche le trouble qui proviendrait de plusieurs postes communiquant à la fois. En outre, chaque poste peut donner un signal d'appel pendant une conversation sans gêner personne.

S'il paraît désavantageux que, pendant une conversation, la pile P et la sonnerie S se trouvent dans la ligne, il sera aisé de mettre, à l'aide d'un commutateur automatique, P et S hors du circuit employé pour la conversation, tout en les laissant sur les fils L_2 et L_3 afin de rendre un signal possible en tout temps.

Nous ferons remarquer pour terminer que le tableau K permet d'établir le téléphone dans une installation comprenant comme à l'ordinaire un tableau indicateur *à clapets ;* il servirait à introduire sans peine et sans perte de temps le téléphone dans le circuit indiqué par le clapet et il permettrait d'éviter une conversation simultanée de deux stations différentes.

K... E

SYSTÈME DE RÉGLAGE AUTOMATIQUE DES

DISTRIBUTIONS ÈLECTRIQUES

PAR M. MENGES

Le système de M. Menges a pour but d'asservir le moteur qui actionne la dynamo génératrice aux exigences de la distribution.

Que cette distribution soit effectuée à différence de potentiel ou à intensité constantes, à différence de potentiel ou a intensité variables, suivant certaines lois, l'organe employé par M. Menges, permet de satisfaire, aussi rigoureusement qu'on est en droit de l'exiger pratiquement, à toutes ces conditions.

Le système de M. Menges consiste essentiellement dans l'addition au régulateur ou modérateur de la machine motrice, d'un organe électrique qui en modifie le réglage.

L'action de cet organe électrique a été rendue aussi rapide que possible par l'artifice suivant, qui est le principe du système :

La variation de l'action a lieu sous l'influence *de la variation du facteur variable* du travail et non du *facteur* qu'il s'agit de maintenir *fixe* dans la distribution.

S'il s'agit d'une distribution en dérivation à différence de potentiel constante, c'est la variation de l'intensité totale qui effectuera le réglage du régulateur; s'il s'agit d'une distribution à intensité constante, c'est la variation de différence de potentiel, aux bornes de la dynamo, qui sera utilisée.

Donc, contrairement à ce qu'on a fait jusqu'à présent, dans le premier cas, l'organe électro-régulateur recevra le courant total, dans le second il ne sera parcouru que par un courant dérivé pris aux bornes de la distribution.

On voit que, de cette manière, il est possible de réaliser la régularisation avec le moindre retard : le seul retard qui subsiste est du à l'inertie des organes du moteur et de la dynamo : il n'y a aucun retard provenant des variations du champ inducteur, puisque celui-ci n'est pas modifié.

La figure 1 montre un régulateur à masse de Porter Q muni à sa base d'un levier O E portant un noyau de fer R influencé par un solénoïde S.

Ce solénoïde reçoit le courant total de la distribution, si celle-ci doit être effectuée à différence de potentiel constante ; si l'intensité du circuit général doit être maintenue constante, le solénoïde S ne reçoit qu'un courant dérivé pris aux bornes de la distribution.

Désignons par :

P, le poids de chacune des boules A A.

Q, le poids de le masse de Porter.

R, le poids du noyau de fer.

F, l'effort à vaincre pour mouvoir le papillon ou la came de détente, que l'on suppose agir dans la direction de l'axe BC du régulateur.

l, la longueur commune des bielles du régulateur, supposées égales.

α, l'angle d'écart des bielles.

O, est le point fixe du levier OE. D, l'attache du noyau de fer du solénoïde, et EF, une tige agissant sur G, axe du papillon ou de la came de détente.

w, vitesse angulaire du régulateur.

$f(y)$, l'action du solénoïde sur le noyau de fer, agissant en sens inverse du poids R ; y, désigne symboliquement le factenr variable (intensité ou différence de potentiel) de la distribution.

Le régulateur étant en état de mouvement, la

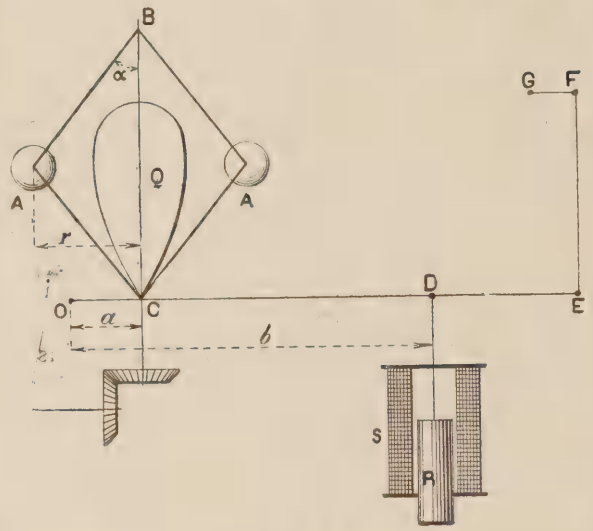


Fig 1

condition d'équilibre du manchon C est exprimée par l'équation

$$\frac{b}{a}\left[R - f(y)\right] - \frac{P}{g}\omega^2 l \cos\alpha + 2P + Q + F = 0$$

D'où :

$$\omega^2 = \frac{\frac{b}{a}[R - f(y)] + 2P + Q + F}{\frac{P}{g} l \cos\alpha}$$

S'il s'agit de maintenir w constant le numérateur et le dénominateur devront varier dans le même rapport ; si w doit être variable, les variatons des deux termes devront diverger.

Les variations de l'angle α étant matériellement très limitées, les variations de cos α seront restreintes, et on conçoit qu'on puisse réaliser facilement des variations de la fonction $f(y)$ satisfaisant à une régularisation quelconque.

Supposons, par exemple, que le solénoïde étant donné, on fasse varier le rapport b/a des bras de levier. Cette seule variation de b/a, pourra permettre d'obtenir :

1° des vitesses croissantes ;

2° des vitesses décroissantes ;

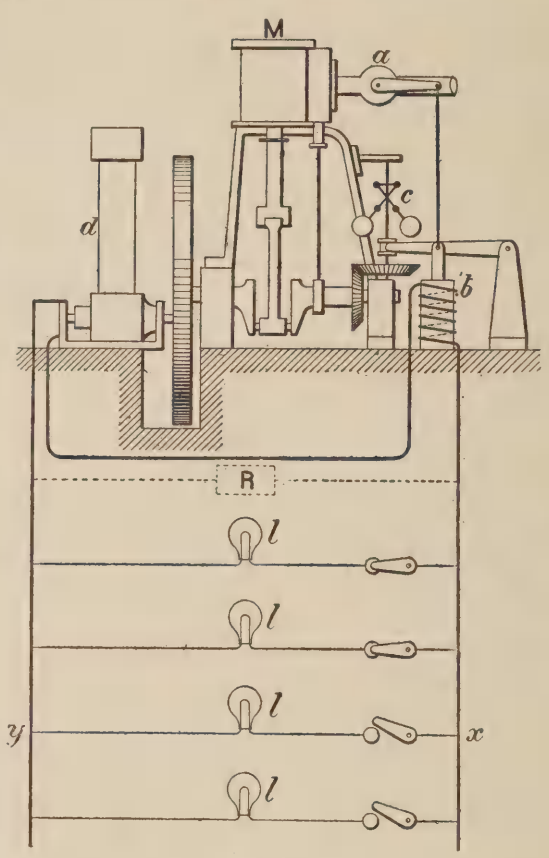


Fig. 2

3° une vitesse sensiblement constante, obtenues avec les mêmes variations de $f(y)$.

C'est ce que nous avons pu constater dans les expériences auxquelles nous avons assisté dernièrement au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris.

Avec un même solénoïde, mais avec des bras de levier différents, M. Menges réglait :

Au Conservatoire un moteur à gaz de 8 chevaux à deux cylindres, maintenu à vitesse consconstante pour actionner une dynamo Compound Gramme type supérieur, à l'Ecole de Physique, un moteur à gaz identique au précédent, dont la

vitesse était rendue variable pour actionner une dynamo schunt Gramme type supérieur.

Dans le premier cas, les variations de vitesse étaient insensibles au tachymètre; dans le second, les variations de la différence de potentiel entre la charge maxima et la charge nulle, constatées au voltmètre de Cardew, n'ont pas dépassé 1 o/o.

La figure (2) montre le diagramme de montage du système sur un moteur dont le régulateur *c* agit sur le papillon *a*; *b* est le solénoïde électro-régulateur, *d* est la dynamo qui actionne les lampes *l*.

y, *x* sont les 2 conducteurs principaux ou pôles de la distribution.

M, est l'ensemble du moteur.

Dans le cas où la distribution s'effectuerait à intensité constante le circuit du solénoïde devrait occuper la dérivation R.

L'analyse que nous venons de donner, du fonctionnement de ce système de réglage, bien que sommaire, permet de se rendre compte des avantages qu'il présente.

Nous adressons nos remerciements à M. Menges, qui a bien voulu nous convier aux expériences dont nous venons de parler, et nous donner toute facilité pour étudier le système en question.

A. Hillairet

SUR L'UTILISATION DU

FLUX D'INDUCTION MAGNÉTIQUE

DANS LES MACHINES DYNAMOS

I

Il est admis de la majeure partie des électriciens, qu'il est bon de réaliser des *entrefers courts* dans les machines dynamos.

Comme d'un côté, en augmentant l'entrefer, on diminue l'intensité du champ magnétique, et comme de l'autre on augmente l'emplacement du fil induit, la force électromotrice étant proportionnelle, on le sait, au produit de la longueur utile par l'induction magnétique moyenne, il m'a paru utile d'examiner dans quelles limites peut varier l'entrefer, étant donné d'ailleurs une dépense sensiblement constante dans le système inducteur, tant au point de vue des matériaux, qu'à celui de l'intensité du courant qui constituent le flux d'induction. J'admets donc que l'entrefer varie dans une même machine où les ampères-tours sont constants dans le circuit primaire.

Je me propose d'étudier comment varie la dépense spécifique du cuivre induit, au cas où l'entrefer est une variable.

Je détermine également la variation de la puissance; variation déterminée par les deux variations simultanées de la force électromotrice et de la section de passage du courant secondaire, en admettant implicitement une densité de courant constante.

Hâtons-nous tout d'abord de dire, que cette étude a pour point d'appui la loi de proportionnalité inverse entre l'intensité du champ et la longueur d'entrefer.

Les expériences récentes de M. Leduc [1], sur un *électro-aimant de Faraday*, ont démontré que les valeurs de l'induction magnétique (au cas où la plus grande est comprise entre 5 et 6000 unités (C.C.S.) produite par une force magnétisante intégrale constante, varie en raison inverse de l'entrefer.

Or, le champ magnétique moyen utile, atteint rarement *dans les machines actuelles*, cette valeur d'intensité, qui correspond à l'application limite de la loi précitée [2].

Nous admettrons donc (ce que nous avons vu s'approcher beaucoup de la vérité, d'ailleurs), que cette loi est applicable aux machines dynamos.

II

Je passerai maintenant à la détermination des expressions algébriques de la longueur utile, et de la section de passage du courant, créées par l'en-

---

(1) *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences* et *Société française de Physique*, 1886.

(2) Je sais bien que quelques physiciens et ingénieurs prétendent avoir trouvé dans les machines dynamos. une induction supérieure à 6000 Mais pour apprécier une détermination faut-il savoir comment elle a été faite. J'ai calculé plusieurs intensités de champs dans les différentes machines dont je connaissais les éléments suffisants et je n'ai jamais trouvé que des chiffres inférieurs, et souvent de beaucoup, à ce nombre. Il serait même intéressant de savoir jusqu'à quel point il est *avantageux* de réaliser un champ très intense.

roulement d'un tambour avec un nombre variable de couches d'un fil, d'un diamètre qui pourra lui-même être variable.

Désignons à cet effet, par D et d, les diamètres du tambour et du fil y compris son guipage.

Il est évident que les nombres de fils de diamètre d que l'on peut placer en couches successives ont pour expression

$$1^{re} \text{ couche } n_1 = \frac{\pi}{d}(D + d)$$

$$2^{e} \text{ couche } n_2 = \frac{\pi}{d}(D + 3\,d)$$

. . . . . .

$$n^{e} \text{ couche } n_n = \frac{\pi}{d}(D + (2\,n - 1)\,d)$$

Le nombre total de fils sera

$$N = \frac{\pi}{d}\Big(n\,D + [1.\,3.\,5\ldots(2\,n - 1)]\,d\Big) = \frac{\pi}{d}\Big(n\,D + n^2\,d\Big)$$

Cette expression sera une approximation du *nombre réel* de fils qui sera compris dans les n couches, puisque je ne tiens pas compte de la compression de l'isolant, ni de la variation de section du fil de cuivre, par suite de la tension qu'il subit dans son enroulement mécanique

Enfin, j'ai admis que les axes des fils d'une couche de même ordre, sont tous sur une même surface cylindrique, ce qui est pratiquement inexact. Mais comme le rapport entre le nombre réel et le nombre calculé est sensiblement constant, les conclusions qui découleront de mes calculs seront peu entâchées d'erreurs. Mon travail est d'ailleurs plutôt *qualitatif* que *quantitatif*.

Si p désigne le nombre de sections, groupées en série, de la bobine ; on devra avoir

$$N = p\,k$$

k étant le nombre de fils en quantité, qui constituent la section effective de passage du courant dans l'armature.

La longueur de la pièce polaire étant l, la longueur utile du fil induit a pour expression $p\,l$, ou $N\,l\,/\,k$, soit

$$L = \frac{\pi\,l}{d\,k}(n\,D + n^2\,d) \qquad (1)$$

Désignons par ε, l'espace, le jeu nécessaire, entre la dernière couche et la surface polaire, à une bonne marche de l'induit entre les pièces polaires ; l'intensité du champ magnétique sera d'après la loi de proportionnalité inverse

$$B = \frac{F}{n\,d + \varepsilon} \qquad (2)$$

Si la vitesse linéaire mesurée dans la couche moyenne de l'enroulement est supposée constante, la force électromotrice d'après la formule connue, $H\,l\,v$ sera la fonction de $(n\,d)$ suivante

$$E = \frac{\pi\,F\,l\,v}{k}\,\frac{(n\,D + n^2\,d)}{d\,(n\,d + \varepsilon}$$

que l'on peut écrire

$$E = K\,\frac{nD + n^2\,d}{n\,d^2 + d\,\varepsilon} \qquad (3)$$

en posant

$$K = \frac{\pi\,F\,l\,v}{k}$$

La force électro-motrice produite par une force magnétique intégrale constante est donc une fonction du nombre de couches de spires secondaires et du diamètre de guipage de ces spires.

Nous allons étudier maintenant les variations des autres quantités, telle que la section de passage du courant, l'énergie disponible, la quantité de cuivre employé etc...

III

Le nombre de fil en quantité étant $k = N/p$, et s désignant la section d'un fil, la surface de passage du courant sera

$$\sigma = \frac{N\,s}{p} = \frac{\pi^2}{4\,p}\,\frac{(nD + n^2\,d)(d - e)^2}{d} \qquad (4)$$

En admettant que k soit constant la surface aura pour expression

$$k\,\frac{\pi}{4}(d - e)^2 \qquad (5)$$

Si δ désigne la densité de courant choisie, den-

sité que j'admettrai constante, l'intensité du courant aura donc pour expression algébrique

$$I = \frac{\pi^2 \delta}{4p}\left(\frac{n D + n^2 d}{d}\right)(d-e)^2 \qquad (6)$$

ou si le nombre de fil est constant

$$I_1 = \frac{\pi}{4}\delta k (d-e)^2 \qquad (7)$$

IV

Le poids de cuivre utile sera donc représenté par l'expression générale

$$P = \Delta L s = \Delta \frac{\pi^3 l}{4 k p} \frac{(n D + n^2 d)^2}{d^2}(d-e)^2$$

Or comme

$$p k = N = \frac{\pi (n D + n^2 d)}{d}$$

il vient

$$P = \Delta \frac{\pi^2}{4} l \frac{(n D + n^2 d)}{d}(d-e)^2 \qquad (8)$$

L'expression générale de l'énergie disponible par l'enroulement sera également

$$W = \frac{\pi^3 F l \delta v}{4 p k} \frac{(n D + n^2 d)^2 (d-e)^2}{d^2 (n d + \varepsilon)}$$

ou

$$W = \frac{\pi^2}{4} F l \delta v \frac{(n D + n^2 d)(d-e)^2}{d(n d + \varepsilon)} \qquad (9)$$

L'utilisation spécifique, c'est-à-dire la quantité d'énergie utilisée par 1 kilogramme de cuivre induit sera

$$\mu = \left(\frac{F \delta v}{\Delta}\right)\frac{1}{n d + \varepsilon} \qquad (10)$$

Ce que l'on pouvait prévoir à priori, savoir que *l'utilisation spécifique du cuivre de l'induit est en raison inverse de la longueur d'entrefer.*

Nous reviendrons sur la valeur pratique de cette loi dans nos conclusions finales, car nous ferons remarquer pour l'instant, que le système inducteur est supposé constant.

Après avoir déterminé, l'*énergie disponible* par un enroulement variable, en fonction du nombre de couches secondaires et du diamètre du fil employé, on pourra étudier les variations partielles et simultanées, de cette fonction, en considérant d'ailleurs d et n tantôt comme variables dépendantes, tantôt comme variables indépendantes.

V

Supposons d'abord que l'on observe la relation

$$n d = \text{constante} \qquad (11)$$

c'est-à-dire que l'on suppose l'entrefer invariable ; mais que l'on bobine le même tambour avec des fils de différents diamètres jusau'à ce qu'ils forment une même épaisseur de couches.

Les équations (9) et (11) donnent immédiatement.

$$W = \frac{\pi^2}{4} F l \delta v \frac{n(D + C)}{d(C + \varepsilon)}(d-e)^2$$

sur laquelle on peut faire les deux hypothèses suivantes ;

1° Si n demeurant constant, la formule précédente se réduit à

$$W = \Omega \frac{(d-e)^2}{d^2} \qquad (12)$$

en posant

$$\Omega = \frac{\pi^2}{4} F l \delta v \frac{(D + C) C}{C + \varepsilon}$$

2° Si d est constant, il vient

$$W = \Omega' n^2$$

en posant

$$\Omega' = \frac{\pi^2}{4} \frac{F l \delta (d-e)^2}{d} \frac{(D + C)}{(C + \varepsilon)}$$

Ainsi ; l'énergie disponible dans un entrefer donné varie en raison directe du carré du nombre de couches, ou en raison inverse du carré du diamètre du fil qui constitue l'enroulement.

Il y aurait donc théoriquement intérêt à réaliser des enroulements d'induit avec un fil très fin

Nous critiquerons ce résultat dans nos conclusions.

VI

Nous avons supposé tout à l'heure que l'entrefer demeurait constant, c'est-à-dire que n et d étaient des variables dépendantes régies par l'équation hyperbolique $nd = C^{te}$. Etudions maintenant la variation de l'énergie disponible avec celle de l'entrefer, en supposant soit d, soit n la variable.

La dérivée première de la fonction (9) est, par rapport à n :

$$\frac{d\,W}{d\,n} = x\,\frac{n^2\,d^3 + 2\,n\,d^2\,\varepsilon + D\,d\,\varepsilon}{(n\,d^2 + d\,\varepsilon)^2}$$

Cette dérivée ne saurait être nulle pour aucune valeur de n, par suite la fonction (W, n) n'a pas de maximum ou de minimum, (à part la solution o), et est continuellement croissante.

La dérivée seconde

$$\frac{d^2\,W}{d\,n^2} = -x\,\frac{n\,\varepsilon\,(D - 2\,\varepsilon)\,d + 2\,\varepsilon^2\,(2\,D - \varepsilon)}{(n\,d + \varepsilon)^4}$$

étant négative, la fonction (W, n), à n constant, est représentée par une courbe qui tourne sa concavité vers l'axe des n. Il y aura donc une valeur de n à partir de laquelle de grands accroissements de cette valeur donneront de faibles accroissements de W.

Dans le cas où d est la variable, les dérivées successives indiquent également que la fonction (W, d) à n constant, est continuellement croissante et qu'elle est aussi représentée par une courbe concave par rapport à l'axe des d.

VII

Pour avoir une idée de la croissance des deux fonctions (W. n) et (W. d) j'ai calculé les valeurs numériques de W dans les deux hypothèses de d ou de n constant.

Les constantes qui interviennent comme coefficients ont reçu les grandeurs suivantes exprimées en unités C. G. S.

D, diamètre du tambour d'enroulement = 30
ε, jeu du tambour enroulé et des pièces polaires ..... = 0,2
d, diamètre de guipage du fil..... = 0,2
e, partie, du diamètre total du fil, occupée par l'isolant. (1) ..... = 0,05
F, induction magnétique dans l'entrefer de l'unité de longueur..... = 6000
l, longueur de la partie active du fil, ou longueur des pièces polaires..... = 30
δ, densité de courant ; intensité (c.g.s.) par centimètre carré..... = 20
v, vitesse de rotation de la couche moyenne ..... = 2.000

1° Variation de W avec n, à d constant.

Le coefficient

$$\frac{\pi^2}{4}\,F\,l\,\delta\,v\,(d - e)^2$$

a pour valeur numérique

$$0{,}25 \times 9{,}87 \times 6000 \times 30 \times 20 \times 2000 \times 0.0225$$
$$= 399.735.000 \quad \text{soit} \quad 400.000.000$$

La formule (9) devient alors

$$W_1 = 4 \text{ à } 10^8\,\frac{30\,n + 0{,}2\,n^2}{0{,}04 + 0{,}04}$$

Elle permettra de calculer le travail disponible par l'enroulement d'un même noyau tournant dans un système inducteur constant, à la même vitesse.

La valeur de W sera donnée dans la formule précédente en ergs, en y faisant successivement

$$n = 1.\ 2.\ 3 \ldots\ldots\ 10$$

(1) Cette quantité est sensiblement constante quels que soient les diamètres des fils nus.

Les fils isolés sont en effet désignés dans l'industrie par les dimensions de 1 fois, 2 fois guipés.

Les épaisseurs de guipage les plus employées dans la construction des dynamos sont deux fois et trois fois. (0,4 m.m.-0,6 m.m.)

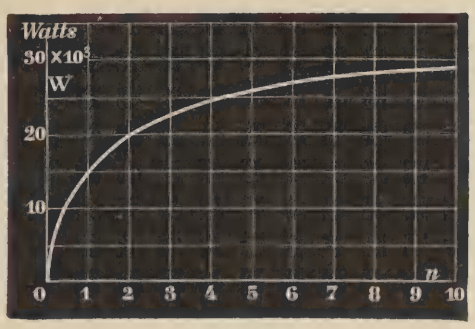
Les premières se rapportent aux inducteurs, les secondes aux induits.

Elle pourra s'écrire encore

$$W_1 = 40 \frac{30\,n + 0{,}2\,n^2}{0{,}04\,n + 0{,}04}$$

et W sera donnée en watts par seconde

Le tableau suivant résume les résultats du cal-



cul numérique, déterminé par les valeurs des constantes choisies plus haut

$n = 0$	W = 0
1	15100
2	20264
3	22960
4	24640
5	25900
6	26720
8	28088
9	28620
10	29083

La courbe (fig. 1) représente graphiquement cette variation.

2° Variation de W avec d, n demeurant de la valeur constante égale à 5.

Le coefficient de la formule (9) devient en conservant les mêmes valeurs aux constantes.

$$\frac{0{,}87}{4} \times 6000 \times 30 \times 20 \times 2000 = 1776{,}10^6$$

La formule numérique qui permet de calculer la valeur variable de W. sera donc

$$W_2 = 1776{,}10^6 \frac{(150 + 25\,d)(d - 0{,}05)^2}{5\,d^2 + 0{,}2\,d}$$

Donnant à d les valeurs suivantes 0,1 — 0,2 etc. on obtient les valeurs correspondantes de W_2 consignées dans le tableau suivant: Les valeurs de W seraient exprimées en ergs.

Il suffit de diviser par 10^7 pour avoir l'expression de W_2 en watts, pour :

$d = 0{,}1$	W = 9672
0,2	25805
0,3	34277
0,4	39551
0,5	43281
0,6	46176
0,8	50545
0,10	53937

La figure 2 représente cette variation, à la même échelle que la précédente.

VIII

Conclusions. — Cette application numérique vérifie donc les modes de croissance de la fonction (W, $n.d$) que nous avions déduits par la forme mathématique de cette fonction.

Ainsi l'*energie disponible* dans une machine de *carcasse donnée* est continuellement croissante avec le *diamètre du fil* de l'enroulement, ou *le nombre de couches* de fils. La forme mathémati-

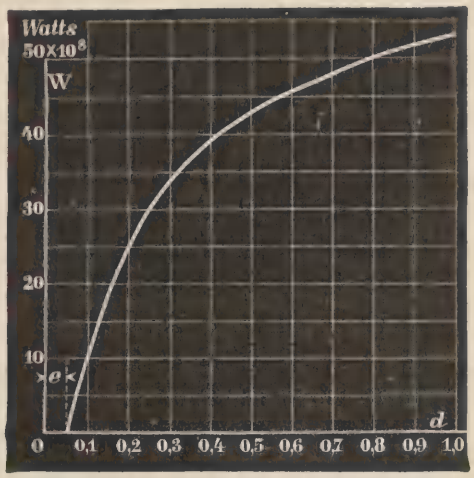


Fig. 2

que de la fonction W, indique qu'elle ne passe jamais par un maximum, (en admettant la loi de proportion inverse, entre l'intensité du champ magnétique et la longueur d'entrefer).

Il va sans dire que la fonction dont nous parlons suppose implicitement la vitesse de déplacement des fils. constante, ainsi que la force ma-

gnétisante intégrale dûe à l'enroulement primaire.

Nous avons trouvé également que l'*utilisation specifique du cuivre induit, était en raison inverse de l'entrefer*. Comme la dépense du cuivre est un élément d'ordre inférieur, à la dépense des matériaux (fer, fonte) qui constituent le circuit magnétique, il découlerait donc des calculs précédents, que *l'importance des entrefers courts, serait assez médiocre.*

Je me réserve de développer d'ailleurs ce point et d'examiner quelle est la longueur d'entrefer qui établit une égale importance dans l'utilisation spécifique du fer et du cuivre dépensés dans la construction des machines dynamos. En d'autres termes, quel est l'entrefer qui détermine le maximum d'utilisation des matériaux totaux.

On a vu également que dans le cas particulier de

$$n\,d = \text{constante}$$

l'énergie disponible croissait proportionnellement au carré du nombre de spires ; ce qui conduirait à employer des fils très fins. Toutefois, il est démontré que dans ce cas, la force électromotrice inverse, qui se produit dans la marche des machines dynamos en charge croît très rapidement avec la petitesse du fil d'enroulement.

D'autre part, il y aura lieu d'examiner, suivant les conditions de valeur de force électromotrice ou d'intensité que l'on désire, comment varient les nombres de lames aux collecteurs, ou de leurs liaisons, au point de vue de la fabrication.

En terminant, je dirai que je discutterai bientôt ces points différents, en donnant des chiffres à l'appui.

J'ajouterai encore, que cette importance des éléments géométriques joue un rôle bien plus considérable dans les machines à disques que dans les enroulements sur anneaux ou tambours cylindriques.

En résumé, je crois pouvoir déduire de cette étude les deux points fondamentaux suivants :

1° L'entrefer ne présente qu'*une importance relativement faible dans les machines dynamos* ;

2° Il y a grand avantage, au point de vue de l'énergie utile, à réaliser *un flux d'induction très grand dans la section médiane du système inducteur*, ce qui est déjà admis actuellement.

Ch. Reignier

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur le phénomène de Peltier dans une pile hydro-électrique, par M. P. Duhem (1)

Nous avons indiqué dans un numéro précédent (2) la relation donnée par l'auteur, entre le coefficient du phénomène Peltier et la différence de potentiel au contact de deux métaux. Dans une nouvelle Note, M. Duhem, en réfutant un travail de M. Gockel, est arrivé à une relation, applicable aux piles qui suivent la loi de Volta, d'après laquelle deux métaux réunis par un électrolyte sont au même potentiel.

MM. Gibbs et Helmholtz ont donné une expression pour la différence entre la *chaleur chimique* dégagée par une réaction et la *chaleur voltaïque*, c'est-à-dire le produit $A\varepsilon$, ε étant la force électromotrice de la pile que peuvent former les corps réagissants. MM. H. von Helmholtz, Moser, Czapski, H. Jahn ont vérifié expérimentalement cette théorie ; M. Gockel, par contre, a cru trouver un désaccord avec l'expérience.

Ce désaccord provient, d'après M. Duhem, d'une erreur d'interprétation de la théorie.

En conservant les notations employées par l'auteur précédemment, l'équilibre électrique de la pile *ouverte* est déterminée par l'équation :

$$\frac{d}{dq}\,E\,(U - T\,S) + (\varepsilon\,(V_B + \Theta_B) - (\varepsilon(V_A + \Theta_A) = 0 \quad (1)$$

Le premier terme du premier membre étant la variation que subit la quantité E (U—TS) relative au système par l'effet de la réaction chimique qui se produit lorsque la charge $d\,q$ passe du métal A au métal B au travers de l'électrolyte. La force électromotrice de la pile est

$$\varepsilon = -\frac{d}{d\,q}\,E\,(U - T\,S)$$

et la *chaleur voltaïqne*

$$-\frac{d}{d\,q}\,(U - T\,S)$$

(1) D'après les *Comptes Rendus*, v. CV, 13 juin 1887.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, v. XXV, p. 128.

D'autre part, on a

$$\frac{d}{dq}(E\,T\,\Sigma) = \frac{d}{dq}(E\,T\,S) + H_B - H_A$$

La quantité

$$-\frac{d}{dq}(T\,S)$$

est l'*excès de la chaleur chimique sur la chaleur voltaïque.* D'après la relation

$$\frac{d}{dT}(U - T\,S) = -S$$

cet excès a pour valeur

$$-A\,T\,\frac{d\,\mathcal{E}}{dT}$$

ce qui constitue la formule fondamentale donnée par M. Helmholtz.

L'analogie de cette formule avec la relation donnée par Sir W. Thomson entre la force électromotrice d'une pile *thermo-électrique* et le phénomène de Peltier, a fait croire à M. Gockel que, dans la théorie de MM. Gibbs et Helmholtz, l'excès de la chaleur chimique sur la chaleur voltaïque était égal au coefficient du phénomène de Peltier dans la pile ouverte. C'est cette conséquence que l'expérience n'a pas vérifiée en général, et M. Gockel en a conclu à l'inexactitude de la théorie même.

Le coefficient du phénomène de Peltier est $A(H_B - H_A)$; il n'a aucune relation *a priori* avec la quantité $d(TS)/dq$; *la théorie de MM. Gibbs et Helmholtz n'établit donc aucune corrélation entre l'excès de la chaleur chimique sur la chaleur voltaïque et le phénomène de Peltier, et les expériences de M. Gockel ne prouvent rien contre cette théorie.*

Mais, si on admet l'hypothèse de Volta vérifiée expérimentalement pour certaines piles par MM. Thomson, Clifton et Pellat ; on peut alors déduire de la formule (1) convenablement modifiée, la relation :

$$-\frac{d}{dq}(T\,S) = A\,(H_B - H_A)$$

et dans ce cas, l'*excès de la chaleur chimique d'une telle pile sur la chaleur voltaïque est égal au coefficient de l'effet Peltier.*

E. M.

Nouveau tourniquet électrique, par M. E. Bichat (1).

On connaît le petit appareil de physique amusante, décoré du nom de tourniquet électrique, et basé sur le principe de la roue à réaction; seulement dans ce cas, c'est la répulsion des particules électrisées par convection sur l'électricité des pointes qui produit le mouvement. M. Bichat a cherché à en faire un appareil de mesure, toujours comparable à lui-même et à ses copies.

Le nouvel appareil est représenté figure 1 ; les pointes sont remplacées par des fils de faible diamètre. Il se compose d'un cadre rectangulaire ABCD de 0,35 m. de longueur et de 0,08 m. de largeur formé par des tubes creux de 0,25 c. m. de diamètre sur lequel sont tendus deux fils métalliques très fins F et G, dont les extrémités sont saisies par deux couples de pinces supportées par des tiges de 0,02 m. de longueur perpendiculaires au plan du rectangle.

L'un des fils est de l'un des côtés de ce plan ; le second est de l'autre côté. Le système est suspendu à l'extrémité d'un fil de torsion en maillechort de 0,86 m. de longueur et de 0,02 c. m. de diamètre, soutenu à l'extrémité supérieure par une pince H fixée elle-même à un support isolant. A la partie inférieure, en P, cette équipage mobile supporte une tige PM à laquelle sont fixées deux lames de mica plongeant dans l'acide sulfurique contenu dans un vase isolé et destinées à amortir les oscillations. Un miroir M collé sur cette tige permet d'observer la rotation de l'appareil.

Enfin, l'ensemble ainsi constitué est disposé au centre d'un grand cylindre en tôle de 1,40 m. de diamètre, communiquant avec le sol ; ce cylindre n'est point représenté sur la figure.

Pour éviter les perturbations provenant de ce que les aigrettes peuvent s'échapper, soit du fil de suspension, soit des pinces qui servent à tendre les fils F et G, le fil de suspension est entouré d'un cylindre métallique HK terminé par un cylindre plus large V, qui recouvre toute la partie supérieure du tourniquet.

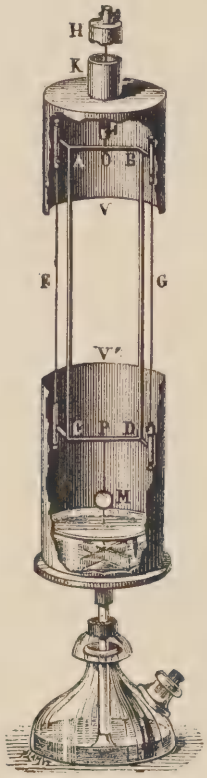
A la partie inférieure, on a également un cylindre V′ reposant sur le support isolant qui soutient le vase à acide sulfurique. Ces cylindres sont reliés directement au tourniquet.

Celui-ci est relié à une source d'électricité et son potentiel mesuré à l'électromètre.

(1) Voir *Comptes Rendus*, t. CIV, 20 juin 1887.

On observe alors que pour de faibles potentiels, le tourniquet reste immobile ; il ne commence à se mettre en mouvement que quand le potentiel atteint une valeur déterminée, dite *potentiel de départ*, qui diminue avec le diamètre du fil.

Le potentiel de départ est toujours plus élevé quand le tourniquet est électrisé positivement que quand il est électrisé négativement. Pour des fils de platine de 0,00501 de diamètre, il a pour va-



leur moyenne 69,1 (C. G. S.) dans le premier cas et 63,2 dans le second.

Ce potentiel semble être indépendant de la nature du métal, si l'électrisation est positive. Quand l'électrisation est négative, il dépend de l'altérabilité du métal et se rapproche, avec le temps, de la valeur que l'on observe avec l'or et le platine.

Le fait pourrait s'expliquer par l'hypothèse de Maxwell de l'existence d'une différence électrique entre les métaux et l'air en contact.

En chauffant les fils, en les intercalant dans le circuit d'une pile isolée, on constate que la valeur du potentiel de départ varie avec la température ; il diminue très rapidement à mesure qu'elle s'élève, et de plus, la différence provenant du sens de l'électrisation disparaît une fois que le fil est porté au rouge. Aux températures les plus élevées, que puissent supporter les fils de platine sans fondre, la déperdition de l'électricité par convection, qui est la cause du mouvement du tourniquet, se produit pour une valeur très petite du potentiel.

Ce dernier fait de la variation de la réaction avec la température est un argument en faveur de l'hypothèse que le passage de l'électricité à travers les gaz chauds, découverte par Becquerel et étudiée récemment par M. Blondlot, a lieu par convection.

E. M.

Distribution de l'électricité sur une surface fermée convexe, par M. Robin [1]

L'auteur démontre que, si on considère une surface fermée convexe, telle qu'elle n'admette qu'un plan tangent en chaque point, la densité électrique d'une couche électrique *en équilibre d'elle même* sur la surface considérée, est donnée en chaque point, par la limite f_n qu'on obtient en formant la suite d'intégrales :

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\int_\sigma \frac{f\cos\varphi}{r^2}\,d\sigma;\quad f_2 = \frac{1}{2\pi}\int_\sigma \frac{f_1\cos\varphi}{r^2}\,d\sigma \ldots\ldots \tag{1}$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\int_\sigma \frac{f_{n-1}\cos\varphi}{r^2}\,d\sigma$$

dans lesquelles r est la longueur du rayon mené du point considéré à un point quelconque de la surface, et f une fonction *quelconque*, finie et déterminée pour tout point de la surface.

Cette loi, que l'on démontre en remarquant que la densité e est définie par l'intégrale

$$e = \frac{1}{2\pi}\int_\sigma \frac{e\cos\varphi}{r^2}\,d\sigma$$

peut servir à déterminer des fonctions qui satisfont en tous points de l'espace à l'équation de Laplace, et assujetties à diverses conditions pour les points de la surface considérée.

E. M.

[1] Voir *Comptes Rendus* t. CIV, 27 juin 1887.

Sur l'emploi du shunt dans la méthode balistique, par M. G. Cabanellas (1).

« Des travaux récents de quelques savants, à l'étranger et en France, paraissent conclure à à l'emploi du *shunt* dans la méthode balistique même avec les décharges, quoique cette méthode soit reconnue incorrecte.

« Nous avons eu l'occasion d'examiner ce point au cours des recherches que nous poursuivons sur les flux magnétiques, avec la collaboration de M. P. Barry.

« Un galvanomètre est, en réalité, un moteur dynamo-électrique ; si φ est le flux magnétique d'une dynamo quelconque, la force électromotrice à chaque instant est $E = d\varphi/dt$. Dans les mesures balistiques ordinaires sur condensateur, cette force E du galvanomètre, à circuit ouvert, ne peut que ralentir l'écoulement de la quantité d'électricité à mesurer ; mais elle ne peut la modifier, et, par suite, la grandeur de l'élongation ne sera généralement pas altérée. Si le balistique travaille, non plus sur condensateur, mais sur spirale conductrice, il peut dejà exister une certaine erreur de ce chef, même sans shunt, et la mesure pêche par défaut, la grandeur d'électricité à mesurer se trouvant diminuée de la quantité

$$\int_0^t \frac{d\varphi}{R}$$

t étant la durée de l'élongation, R la résistance totale.

« Cette cause d'erreur subsiste, bien entendu, lorsque le galvanomètre sur spirale est shunté ; mais, en outre, s'il y a shunt, la mesure sur condensateur n'échappe plus alors à la réaction, puisque la force électromotrice de l'appareil, même dans ce cas, ferme son circuit par le shunt (2).

Observations	Résistance du shunt	Résistance statique du galvanomètre	Quantité d'électricité passant par le galvanomètre	Résistance effective moyenne du galvanomètre	Quantité totale d'électricité calculée	Erreur de la méthode balistique p. 100
	s	r	q	$g=s\left(\frac{Q}{q}-1\right)$	$Q'=q\left(\frac{r}{s}+1\right)$	
	ohms	ohms	millim. de l'échelle	ohms	millim. de l'échelle	
Galvanomètre Thomson, modèle Carpentier : charge constante Q de 0,64 de microcoulomb, valant 167mm de l'échelle.	250	2110	16,5	2280	155,6	6,8
	1000	—	50,5	2307	157	6
	3000	—	94	2330	160,1	4,1
	6000	—	121	2281	163,5	2,3
	10000	—	136	2278	164,7	1,3
	∞	—	167=Q	2110	167=Q	0
Galvanomètre d'Arsonval usuel, modèle Carpentier.	25	222	3	750	24	74,4
	50	—	6,5	673	32,8	64,5
	100	—	12	675	38,6	58,4
	200	—	22	654	46,4	50,1
	222	—	23,5	666	47	50
	400	—	36	644	56	40
	1000	—	57	649	69,7	25,7
	4000	—	82	585	86,5	7,9
	10000	—	89	562	91	3,2
	∞	—	94=Q	222	94=Q	0

« Nous ne parlerons pas dans cette note des effets d'induction généralement négligeables qui

(1) Nous donnons, à titre de document, cette note présentée par M. Mascart, à l'Académie des Sciences (Voir *Comptes Rendus*, t. CV, 11 juillet 1887); nous aurions eu bien des choses à dire à ce sujet, mais, comme on l'a vu au commencement de ce numéro, notre collaborateur, M. Ledeboer, s'est déjà chargé de ce soin. E. M.

(2) L'expérience directe prouve, d'une part, qu'en reliant deux Thomson l'un à l'autre, l'un d'eux indique le passage d'un courant lorsqu'on provoque mécaniquement une élongation de l'aiguille de l'autre appareil. D'autre part, avec un d'Arsonval différentiel et un Thomson conjugués, il est possible de mesurer la quantité d'électricité déve-

affectent le circuit du galvanomètre, considéré comme dispositif électromagnétique invariable.

« Le raisonnement indique *a priori*, et le Tableau suivant tend à prouver qu'il serait toujours légitime de shunter un galvanomètre par un nombre quelconque de galvanomètres identiques à tous égards.

Élongations, sous des charges croissantes d'un galvanomètre d'Arsonval usuel, modèle Carpentier

Shunté par un galvanomètre pareil	Shunté par une résistance inerte égale à la sienne	Rapport des deux élongations	Sans shunt
14	7	2	28,5
23,5	12	2	47
26	13	2	52
28,5	14,5	2	56
33	17	2	75
47	24	2	93

« La troisième colonne indique un rapport du double au simple des élongations avec même résistance statique du shunt actif et du shunt inerte; dans ce cas particulier, on pourrait dire que le déplacement du cadre triple sa résistance statique.

« Avec un autre galvanomètre analogue, shunté par une résistance inerte égale à sa résistance, le rapport peut, bien entendu, être très différent de 2. Cependant, de la constance du rapport des deux élongations, on peut conclure que, dans les limites des observations, les durées des élongations sont restées à peu près les mêmes, de telle sorte que cet isochronisme des élongations de grandeurs différentes comporte des vitesses de déplacements accrues à peu près proportionnellement à ces déplacements. Cette condition est nécessaire ; il faut en effet que, dans le galvanomètre, le rapport E/i ait pu rester constant, puisque l'expérience prouve que la résistance effective moyenne $r + E/i$ est restée constante. »

loppée par une élongation donnée sur un circuit totl comprenant l'un des cadres du d'Arsonval et les bobines du Thomson : un courant *permanent* était envoyé dans l'un des cadres du différentiel, l'autre cadre actionnait le Thomson balistique qui accusait une quantité d'électricité de 0,004 de microcoulomb par millimètre d'élongation sur l'échelle du d'Arsonval. (Cette quantité est indépendante des vitesses de l'organe mobile) S'il y avait intérêt, on pourrait, du reste, avec un dispositif photographique, enregistrer les vitesses de l'organe mobile d'un galvanomètre quelconque et connaître la force électromotrice de l'appareil à chaque *dt* d'une élongation.

Sur la période de 26 jours de la variation diurne des éléments du magnétisme terrestre, par J. Liznar. (1)

A. Brown et Hornstein ont démontré les premiers qu'il existait dans les *valeurs absolues* des éléments du magnétisme terrestre une période de 26 jours. M. P.-A. Muller a trouvé une période de 25,84 jours dans les *perturbations* des éléments magnétiques observés à Pawlowsk, du 1er août 1882 au 31 août 1883 ; M. Liznar avait déjà observé précédemment une période de 26 jours dans la perturbation de la déclinaison ; il a repris récemment l'étude de cette question en considérant cette fois les oscillations des *variations diurnes* des éléments du champ magnétique terrestre.

M. Liznar a soumis à ses calculs les observations des variations diurnes de la déclinaison à Vienne et à Kremsmunster de 1882 à 1884 ainsi que celles de la déclinaison, de l'intensité horizontale et de la composante verticale à Pawlowsk de 1878 à 1884. Il a employé la méthode déjà suivie par Hornstein et qui consiste à déterminer les constantes de la formule

$$y = p_0 + p_1 \sin\left(v_1 + \frac{360}{T} x\right)$$

y étant l'amplitude des variations diurnes, p_0 étant la moyenne des amplitudes calculées en partant d'une période donnée de 24, 25, 26, 27 ou 28 jours, p_1 et v_1 deux constantes. On détermine ensuite la valeur de la période T qui rend la partie périodique p_1, de la fraction ci-dessus, maximum, à l'aide des valeurs obtenues pour les cinq périodes indiquées plus haut, et de la formule

$$p_1 = \alpha + \beta\,(T - 25) + \gamma\,(T - 25)^2$$

C'est ainsi que M. Liznar a trouvé pour Vienne

$$p_1 = 0{,}1483 + 0{,}0716\,(T_1 - 25) - 0{,}0340\,(T_1 - 25)^2$$

et pour Kremsmunster

$$p_2 = 0{,}2385 + 0{,}1101\,(T_2 - 25) - 0{,}0498\,(T_2 - 25)^2$$

(1) *Repertorium der Physik*, vol. XXIII. p. 297.

d'où il en résulte les valeurs maxima pour T,

$$T_1 = 26{,}05 \text{ jours}$$
$$T_2 = 26{,}10 \text{ jours}$$

En tenant encore compte des observations de Pawlowsk, l'auteur est arrivé à une valeur moyenne de

$$T = 25{,}94 \text{ jours}$$

en sorte qu'on peut maintenant considérer comme parfaitement démontrée l'existence d'une période de 26 jours dans les éléments du champ magnétique terrestre.

Nous donnons ci-dessous la récapitulation des valeurs obtenues par différents observateurs pour la période T.

A. Brown

Observations faites à Makerstown 1844, 1845	25,92
Observations faites à Greenwich en 1850-1851 et 1868-1870	25,86

Hornstein

Observations de la déclinaison à Prague en 1870	26,69
Observations de la déclinaison à Vienne en 1870	26,39
Observations de l'inclinaison à Prague en 1870	26,03
Observations faites à St-Pétersbourg en 1870	26,24

P. - A. Muller

Observations des perturbations de tous les éléments faites à Pawlowsk en 1882 et 1883	
Perturbations occidentales de la déclinaison	25,87
Perturbations orientales de la déclinaison	25,47
Perturbations totales de la déclinaison	25,66
Perturbations de la composante horizontale	25,79
Perturbations de la composante verticale	25,86

Liznar

Observations de la déclinaison à Vienne du 1er juillet 1882 au 31 décembre 1883, savoir :

Perturbations occidentales	25,95
Perturbations orientales	26,05
Variation diurne à Vienne	26,05
Variation diurne à Kremsmunster	26,10
Variation diurne de la déclinaison à Pawlowsk (1878-84)	25,89
Variation diurne de la composante horizontale à Pawlowsk (1878-84)	26,03
Variation diurne de la composante verticale à Pawlowsk	25,64

La moyenne générale de toutes ces valeurs est 25,97 jours $1 \pm 0{,}04$ jour ; et l'on voit ainsi que si la période de 26 jours des éléments magnétiques terrestres est causée par la rotation du soleil, la durée d'une révolution synodique de cet astre est égale à 26,0 jours ; on retrouve ainsi la valeur moyenne que l'on a déterminée pour les parties équatoriales du soleil.

A. P.

Sur la force électromotrice de couches métalliques très minces, par M. Oberbeck (1)

La détermination des dimensions limites des molécules se basant surtout sur la théorie cinétique des gaz a pu être obtenue d'une façon assez exacte ; les limites dans lesquelles les forces moléculaires agissent sont, par contre, très peu connues et on ne possède guère, à ce sujet, que les mesures de M. Quinke sur l'adhérence des liquides entre des lames de verre, qui a trouvé une valeur moyenne de 0,00005 m. m.

M. Oberbeck a étudié un phénomène électrochimique qui, ayant lieu avec des couches extrêmement minces de matière, peut permettre de tirer des conclusions assez plausibles dans la direction indiquée ci-dessus.

On sait que la force électromotrice d'un couple formé par une lame de platine, un liquide et un métal, est le même que celui du couple lame de platine, liquide, lame de platine recouverte du métal en question. Mais on peut, en variant la durée et l'intensité du courant électrolytique,

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXXI, p. 337.

faire varier à volonté l'épaisseur de la couche métallique.

L'auteur a étudié les variations de la force électromotrice avec cette épaisseur ; il a trouvé que cette force électromotrice était indépendante de l'épaisseur jusqu'à une certaine valeur limite au-dessus de laquelle elle diminuait rapidement.

M. Oberbeck a réussi à éliminer l'hydrogène qui se dégage toujours sur le dépôt électrolytique du métal sur la plaque de platine en employant des solutions parfaitement neutres de sulfate de zinc et de cadmium avec des électrodes du métal correspondant.

Si l'on dépose par voie électrolytique sur la plaque de platine un poids de métal a et qu'en-

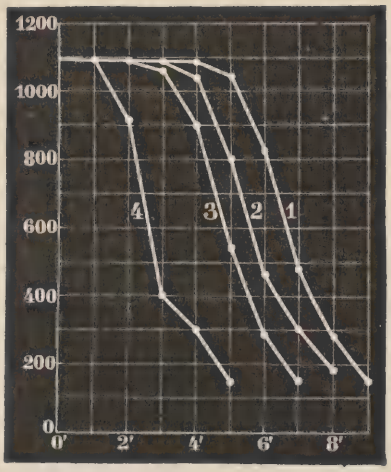


Fig. 1

suite on ferme l'élément sur lui-même, cette quantité diminue avec le temps d'après une loi inconnue

$$x = a\, f\,(t)$$

Au moment t_0 où la force électromotrice diminue brusquement on a

$$x_0 = a\, f\,(t_0)$$

On peut faire plusieurs mesures avec des valeurs différentes de a et l'on aura toujours

$$x_0 = a_0\, f\,(t_0) = a_1\, f\,(t_1) = a_2\, f\,(t_2)$$

M. Oberbeck a trouvé que $f\,(t)$ avait une forme très simple et que l'on pouvait écrire

$$x = \frac{A\,a}{A + B\,t}$$

en sorte qu'il suffit de faire deux mesures de t avec deux valeurs différentes de a pour déterminer A et B.

Les figures 1, 2, 3 donnent la diminution de force électromotrice observée avec le temps pour

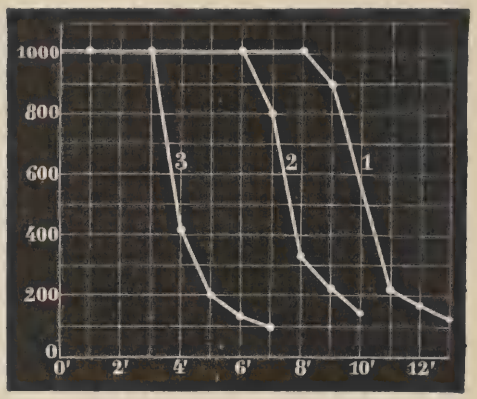


Fig. 2

des solutions de sulfate de zinc, de cadmium et de cuivre. La force électromotrice exprimée en millièmes de volt est portée comme ordonnée, le temps exprimé en minutes comme abscisse.

Les valeurs de A et B étant connues, on en calcule facilement l'épaisseur que la couche métallique recouvrant la plaque de platine doit avoir pour qu'elle se comporte, au point de vue de la force électromotrice, comme une plaque homogène du même métal. La surface des plaques de

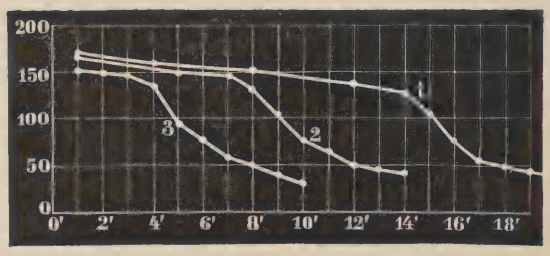


Fig. 3

platine variait, suivant le cas, de 34 à 38 centimètres carrés.

Dans le tableau ci-dessous, nous donnons pour les substances étudiées, les valeurs en ampère-secondes des constantes A et B ainsi que le poids limite P de la couche métallique pour une surface de 19 c.m. et l'épaisseur limite de cette couche calculée, en admettant que le poids spécifique

du métal ait la même valeur que dans les conditions ordinaires.

A	B	Poids de la couche de 19 c.m.q. en milligramme	Épaisseur de la couche en millimètre
Zinc. — Sulfate de zinc			
0,2291	0,0492	$1,94 \times 10^{-3}$	$2,73 \times 10^{-6}$
0,2105	0,0608	$1,78 \times 10^{-3}$	$2,51 \times 10^{-6}$
0,2149	0,0667	$1,88 \times 10^{-3}$	$2,65 \times 10^{-6}$
0,1878	0,0898	$1,65 \times 10^{-3}$	$2,32 \times 10^{-6}$
Cadmium. — Sulfate de cadmium			
0,1011	0,0322	$1,64 \times 10^{-3}$	$1,91 \times 10^{-6}$
0,0828	0,0400	$1,35 \times 10^{-3}$	$1,57 \times 10^{-6}$
0,0899	0,0593	$1,46 \times 10^{-3}$	$1,70 \times 10^{-6}$
Cuivre. — Sulfate de cuivre			
0,0692	0,0158	$0,61 \times 10^{-3}$	$0,69 \times 10^{-6}$
0,0729	0,0166	$0,65 \times 10^{-3}$	$0,73 \times 10^{-6}$

On voit donc que les épaisseurs limites des couches métalliques ci-dessus sont comprises entre 0,6 et 3 millionièmes de millimètre.

D'autre part, les calculs et les expériences faites dans le but de déterminer le rayon des molécules ont conduit à des valeurs de l'ordre du dix-millionième de millimètre.

On en conclut donc qu'une couche métallique se comporte, au point de vue de sa force électromotrice, comme une plaque épaisse dès qu'elle se compose d'un petit nombre de couches moléculaires.

A. P.

Sur la détermination de l'inclinaison magnétique par les déviations d'une aiguille aimantée, par J. Liznar [1].

De tous les éléments du champ magnétique terrestre, l'inclinaison est, sans contredit, celui dont la mesure offre le plus de difficultés. Les boussoles de déclinaison ont donné jusqu'à maintenant les résultats les plus précis, quoique M. Wild ait obtenu récemment avec l'inducteur terrestre de Weber des valeurs concordant très bien avec celles données par une boussole d'inclinaison Dover.

Lamont est le premier qui ait déterminé l'inclinaison i par l'observation des déviations d'une aiguille aimantée, lors de ses nombreuses déterminations magnétiques en Bavière, en mesurant l'induction produite dans un barreau de fer doux, placé verticalement, par la composante verticale de la force magnétique terrestre.

Le moment induit dans le barreau de fer doux, placé dans un plan vertical perpendiculaire à l'aiguille aimantée produit sur celle-ci une déviation u donnée par la relation

$$\tan i = K \sin u$$

K étant une constante qu'on détermine expérimentalement, une fois pour toutes, dans un lieu dont l'inclinaison i_1 est connue ; on a alors

$$K = \frac{\tan i_1}{\sin u_1}$$

Mais la perméabilité magnétique du fer variant avec le temps, il en résulte que le coefficient K n'est pas constant, en sorte qu'il faudrait, pour rendre les mesures indépendantes de ses variations, l'éliminer ou en déterminer la valeur à chaque observation.

M. Linar propose d'arriver à ce résultat de la manière suivante. L'aiguille aimantée étant suspendue horizontalement, faisons agir sur elle un barreau aimanté de moment M ; la distance des centres des deux aimants étant d, p une constante, H la composante horizontal, la déviation φ de l'aiguille sera donnée par la relation

$$\frac{H}{M} \tan \Psi = \frac{2}{d^3}\left(1 + \frac{p}{d^2} + \ldots\right) = C$$

La même aiguille étant maintenant mobile dans un plan vertical perpendiculaire au méridien magnétique, autour d'un axe horizontal, et l'aimant M placé dans le même plan vertical à la distance d et verticalement au-dessous du milieu de l'aiguille mobile, celle-ci subira une déviation φ définie par l'équation

$$\frac{V}{M}\left(1 + \frac{P\,l}{m\,V}\right) \tan \varphi = \frac{2}{d^3}\left(1 + \frac{p}{d^2} + \ldots\right) = C$$

Dans cette équation, D représente le poids du système de l'aiguille mobile, l la longueur de cette aiguille aimantée, m son moment magnétique, V la composante verticale du magnétisme

[1] *Repertorium der Physik*, vol. XXIII, p. 306.

terrestre. Il résulte immédiatement des deux équations ci-dessus la relation

$$\frac{V}{H} = \text{tang } i = \frac{\text{tang } \Psi}{\text{tang } \varphi} \frac{1}{1 + \frac{P\ l}{m\ V}} \frac{\text{tang } \Psi}{\text{tang } \varphi} \frac{1}{1 + \delta}$$

Deux mesures successives de φ faites avec deux valeurs m_1 et m_2 du moment magnétique de l'aiguille, permettent de déterminer $tg\,i$ en fonction de Ψ, φ, et δ.

Les corrections exigées pour tenir compte des variations du moment M sous l'influence de la température et de celles de la composante horizontale peuvent être calculées aisément. La sensibilité de la méthode est assez grande ; on trouve en effet, qu'il suffit de mesurer les angles Ψ et φ à une minute près pour obtenir l'inclinaison avec la même exactitude.

Il nous paraît cependant exister dans cette méthode un certain nombre de facteurs qui peuvent en rendre l'emploi un peu difficile ou tout au moins en diminuer l'exactitude. Il suffit de signaler l'influence des valeurs de m_1 et m_2 et la constance de m_1 pendant les mesures de Ψ et de φ, ainsi que celles d'un centrage parfait de la suspension horizontale de l'aiguille.

C'est pourquoi il faut attendre que des mesures aient été faites avec cette méthode avant de porter un jugement définitif sur ses mérites et ses inconvénients.

A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

La lumière électrique a Berlin. — Les avantages que possède une station centrale pour la production de lumière électrique vis-à-vis d'installations isolées, se font sentir de plus en plus à Berlin.

Un assez grand nombre de personnes, qui ont des installations privées, viennent de notifier leur désir d'être reliées avec le réseau de la société *Staedtische Elecktricitaets Werke* ; et dans quelques cas la jonction est déjà un fait accompli.

Dans le cours de cet été, la société sus-nommée fournira la lumière électrique à quelques unes des grandes maisons de commerce, entr'autres à la *Deutsche Bank* dans la Behren Str. dans laquelle on doit installer 1000 lampes, et des ventilateurs actionnés par des électro-moteurs.

L'installation électrique de l'Opéra Royal sera complétée pendant la clôture d'été et le nombre des lampes porté à 4000 ; ici, comme dans le second théâtre Royal, le *Schauspielshaus*, le chauffage même se fera désormais à l'électricité, de sorte que le gaz ne sera plus du tout nécessaire. Les appareils de chauffage consistent essentiellement en des rhéostats avec des fils minces en maillechort isolés à l'asbeste, et ils sont surtout destinés aux cabinets de toilette des artistes, auxquels on fournit déjà des bouilloires électriques, et des réchauffeurs pour les fers à friser et le fard.

Pour satisfaire aux demandes toujours croissantes, la Staedtische Elektricitaetswerke est occupée à élargir considérablement sa station dans la Mauer strasse, et double son réseau de câbles. Dans le cours d'une visite, que je viens de faire à cette station, j'ai remarqué une nouveauté assez pratique : ce sont des voltmètres qui indiquent la tension qui règne à un grand nombre de points dans le réseau de conduite, et à l'aide desquels la différence de potentiel peut être maintenue constante chez les consommateurs de différents districts.

A cette station on tient des registres statistiques à l'aide de courbes, d'appareils automatiques etc, et on a obtenu des résultats assez surprenants ; par exemple, il parait que la consommation d'électricité est proportionnelle à la température régnante ; qu'elle monte avec le thermomètre, et qu'elle est minimum lors des froids d'hiver.

L'origine de ce fait curieux n'est pas difficile à trouver ; l'éclairage au gaz ayant été maintenu presque partout à côté de l'éclairage électrique, lorsqu'il fait froid, on allume le gaz au lieu des lampes électriques pour obtenir de la chaleur en même temps que la lumière. Les courbes de consommation font voir distinctement la relation entre la température des différentes journées et de la quantité d'électricité consommée.

Ceci étant, on n'est pas étonné de constater que pendant le mois de janvier, par exemple, la durée d'éclairage a été plus longue, dans les grandes maisons de banque munies d'un système central de chauffage, que dans les magasins, bien que

ces derniers aient été ouverts jusqu'à une heure bien plus avancée.

Mais, ce n'est pas exclusivement pour le confort et le bien-être de leurs clients, que les ingénieurs travaillent ; afin de rendre plus tolérable aux machinistes et ingénieurs, leur séjour entre les chaudières et les tuyaux de vapeur, la société *Staedtische Elektricitaets Werke* est occupée à installer dans ses salles de machines de grands ventilateurs, actionnés par des électro-moteurs de 3 à 4 chevaux chacun.

Les municipalités de quelques villes allemandes ayant refusé à des entrepreneurs privés des concessions pour la pose de câbles, la société *Deutsche Edison Gesellschaft* vient de proposer de garantir le paiement des intérêts et l'amortissement du capital d'installation, pourvu que l'exécution des travaux nécessaires leur soit exclusivement remise, (en coopération avec la maison Siemens et Halske), et que l'exploitation soit également dans leurs mains exclusivement, jusqu'à un terme convenu.

Cette offre importante, qui décharge les autorités municipales de tout risque financier, et qui, par l'amortissement proposé, leur assure, dans quelques années la possession d'une station centrale, munie d'un personnel exercé, aura assurément une grande influence sur la question de l'extension de la lumière électrique dans les villes.

Thermoscope a contact. — Depuis un an, il existe à Berlin un établissement de désinfection où l'on soumet à l'action de vapeur d'eau surchauffée tous les objets qui ont été en contact

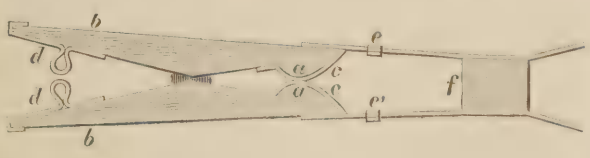


Fig. 1

avec une personne souffrant d'une maladie contagieuse.

La désinfection n'est considérée comme complète, que, lorsque la masse entière a atteint la température élevée de la vapeur, et pour s'assurer que cette température a été atteinte partout, M. Merke, directeur de l'hôpital municipal de Moabit, (Berlin), a modifié un dispositif bien connu, qu'il introduit dans l'intérieur de la masse à traiter. Le dispositif est remarquable pour la simplicité de sa construction, par son maniement aisé et son prix modéré.

Il consiste en une pince à ressort, composé de deux pièces de bois, dont les branches d'un

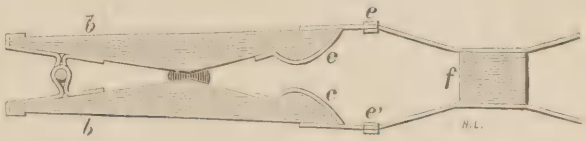


Fig. 2

côté *a a*, (qui sont pressés l'un contre l'autre) (fig. 1) par des ressorts, sont munies de pièces en métal *c c*, qui dépassent un peu le bois, pendant que les branches de l'autre côté *b b*, (qui sont éloignées l'une de l'autre) portent sur leurs faces en regard trois œillets en métal, deux d'un côté et un de l'autre.

Lorsque cette moitié est rapprochée, c'est-à-dire lors de l'ouverture de la pince, ces œillets se plaçent comme une charnière, et une petite cheville, d'un diamètre de deux millimètres environ, formée d'un alliage fusible à 100° maintient l'appareil ouvert, comme c'est indiqué figure 2.

Si donc on expose cette sorte de pince à une température de 100°, la cheville fondra, le ressort entrera en action, et opérera le contact des parties métalliques en *c*, *c*.

Les fils d'une pile étant reliés aux deux surfaces métalliques aux points *e e*, au moment où le contact entre les deux surfaces a lieu, le circuit sera établi, et une sonnerie électrique actionnée.

H. Michaelis

Angleterre

Une nouvelle méthode pour la mesure de la susceptibilité et de la perméabilité magnétiques. — M. C. B. Warren, l'ancien électricien en chef de la Compagnie télégraphique Hooper, qui s'occupe aujourd'hui d'études chimiques, a inventé une méthode pour mesurer les forces magnétiques en mettant le magnétisme au service des recherches de chimie analytique.

On place une balance chimique délicate sur une table et dans le méridien magnétique. Un poids connu de la matière dont on désire connaître la susceptibilité est placé sous forme de

poudre ou de limaille sur un des plateaux de la balance et équilibré avec soin.

On place alors un aimant puissant en forme de fer à cheval directement sous le plateau qu'on empêche de s'approcher trop de l'aimant. Celui-ci doit toujours occuper la même position et par conséquent, il est préférable d'employer un électro-aimant fixe excité par une pile. Pour des champs très intenses on peut employer le courant d'une dynamo.

Si le métal est paramagnétique le plateau est attiré en bas par l'aimant et il faut ajouter un poids pour rétablir l'équilibre de la balance. Ces poids sont une mesure de la susceptibilité de la matière.

Selon M. Warren, une matière diamagnétiqne est également attirée et il en conclut que le diamagnétisme comme opposition au paramagnétisme n'existe pas. Le platine est attiré ainsi que le bismuth. Le bismuth a un mouvement un peu lent qui était cependant réduit en diminuant la distance des pôles magnétiques. Le manganèse métallique et le maillechort qui ne manifestent aucune attraction avec les essais ordinaires donnent cependant des résultats avec la nouvelle méthode.

Dans certains cas, M. Warren préfère attacher un aimant puissant à l'une des extrémités du fléau au lieu du plateau. L'aimant est alors équilibré. Cette disposition rend la méthode indépendante du métal dont le plateau se compose et de la pesée de chaque objet.

Pour mesurer la perméabilité magnétique d'une matière il faut en insérer une couche entre l'aimant et une certaine quantité de limaille de fer ou un autre aimant. Quand on enlève la plaque, l'aimant est attiré jusqu'à une distance fixe de la limaille et l'on prend note du poids nécessaire pour produire l'équilibre. On insère alors la couche en question et on prend note de la diminution de l'attraction. La différence de poids qui en résulte provient de la diminution d'influence magnétique causée par la couche interposée.

M. Warren fait remarquer que les différences d'épaisseur de la couche de matière interposée ne semblent pas suivre la loi des variations de l'attraction magnétique, au moins, pas dans le sens généralement accepté. De plus, il semble exister une classe de substances qui sont presque des isolateurs magnétiques.

M. Warren tire cette autre conclusion de sa méthode que le vide ne peut pas être traité comme milieu magnétique ; au contraire, l'épuisement de l'air a modifié la perméabilité d'une couche d'air interposée.

Dans une de ses expériences, la force d'attraction était de :

A 41,0	millimètres de	distance	= 0,026	grammes
A 20,5	—	—	= 0,520	—
A 14,0	—	—	= 1,300	—

De sorte qu'à un tiers de la distance, l'attraction était 50 fois plus grande. Elle était sans doute augmentée en partie par l'augmentation de perméabilité provenant de la réduction d'épaisseur de l'air intermédiaire.

M. Warren s'occupe de déterminer les équivalents magnétiques des matières, c'est-à-dire les poids nécessaires pour produire une unité de force à une unité de distance dans une unité de champ, Il résulte, entre autres choses, de ces recherches que pour des opérations délicates de pesées chimiques, on ne peut pas négliger l'intensité et la force horizontale du magnétisme terrestre.

La production d'ozone au moyen de l'électricité. — Dans une communication recente à la *Société de Chimie*, de Londres, MM. Shenstone et Cundall ont décrit une méthode pour la préparation de l'ozone avec de l'oxygène pur au moyen de l'électricité.

Ces messieurs trouvent que l'oxygène pur et sec est partiellement transformé en ozone sous l'action de l'effluve électrique. L'ozone sec est cependant complétement détruit après quelques heures de contact avec le mercure sans que ce dernier subisse une oxydation perceptible, comme c'est plus ou moins le cas quand le mercure vient en contact avec de l'ozone imparfaitement sec.

Quand on emploie des générateurs d'ozone du type Siemens, la proportion d'oxygène pur et sec transformé en ozone semble être un peu plus grande que quand il s'agit d'oxygène moins pur dans les mêmes circonstances.

L'absence complète d'azote paraît favorable à la production d'ozone avec de l'oxygène.

MM. Shenstone et Cundall ont décrit une expérience intéressante qui jette une certaine lumière sur le fait que l'oxygène très sec donne plus d'ozone sous l'action de l'effluve électrique que l'oxygène humide.

Ils ont constaté que l'air chaud et humide soufflé entre deux plaques en feuille d'étain, entre lesquelles passe l'effluve électrique avait pour effet de substituer à l'effluve des étincelles qui sont moins favorables à la production d'ozone.

Les éléments a lithanode. — Le professeur G. Forbes F. R. S. a dernièrement fait une conférence sur les accumulateurs à lithanode de l'*Union Storage C°*. Il a fait ressortir toute l'importance de la question du poids des éléments pour les applications à la traction électrique, et à ce point de vue les accumulateurs à lithanode possèdent un grand avantage sur les autres puisqu'ils n'ont pas besoin d'un cadre en plomb pour supporter la litharge.

De plus, ces éléments ne produisent pas du sulfate de plomb blanc qui empêche d'utiliser la capacité entière d'un élément. L'électrode ou la plaque de contact est également indestructible car elle se compose d'une mince bande de platine encastré dans de la celluloïde.

Il paraît qu'on peut laisser cet élément déchargé pendant tout le temps qu'on voudra sans crainte de détérioration. Le professeur Forbes déclare qu'il a plusieurs fois mis de côté, pendant des semaines des plaques à moitié déchargées et qu'il les a retrouvées au bout de ce temps aussi bonnes qu'avant.

Les plaques de lithanode sont également utiles dans les piles primaires. On peut construire un élément du modèle Leclanché à un seul liquide avec une plaque de charbon placée entre deux autres en lithanode, en opposition à une plaque de zinc.

La capacité d'un élément de l'Union Storage C° est de 39,16 watts-heures par kilo de matière active, soit 31,5 kilos par cheval-heure y compris la boîte de l'élément.

Quand on charge des accumulateurs, il se produit généralement vers la fin de l'opération une augmentation de force contre électromotrice de 2,0 à 2,25 ou 2,5 volts, qui entraîne non-seulement une perte d'énergie, mais aussi des inconvénients pratiques. Dans l'élément de lithanode, ce phénomène ne se manifeste presque pas.

A ce sujet, nous pouvons ajouter que M. C Smith a imaginé une forme d'accumulateurs au plomb du type Planté dans laquelle les plaques sont formées par des bandes longitudinales de plomb placées l'une au-dessus de l'autre dans les compartiments d'un cadre. Les bandes sont maintenues en place par des guides et les différents groupes sont séparés l'un de l'autre par des feuilles perforées de vulcanite. Les plaques sont peintes avec du minium et formées d'après le procédé de Planté.

La lumière électrique dans la marine. — Les lampes électriques ont dernièrement été appliquées par MM. Armstong et Cie à Elswich pour former le point de mire des gros canons pendant la nuit. On s'est jusqu'ici servi d'un vernis lumineux ou d'émail phosphorescent etc.; dans le nouveau dispositif qui peut être employé à n'importe quel degré d'obscurité, la lumière d'une lampe électrique est transmise par réflection à travers deux petites lentilles sphériques qui la concentrent en deux petits points lumineux facilement réglés.

Comme la plupart des cuirassés sont aujourd'hui pourvus d'installation d'éclairage électrique, il est facile de se procurer le courant nécessaire.

J. Munro

Etats-Unis

La station centrale de Brooklyn, système Thomson-Houston. — La station de la *Citizens' Electric L. C°* de Brooklyn est une des plus grandes des États-Unis; elle compte actuellement près de 1000 lampes à arc; le bâtiment de la station, à deux étages, occupe 30 mètres sur 20.

Dans le sous-sol se trouvent les chaudières (Logan), au nombre de six, de 100 chevaux chacune; au rez-de-chaussée est la chambre des machines, dans laquelle sont deux moteurs de 300 chevaux à distribution perfectionné à soupapes et déclic; ils actionnent un arbre de couche central régnant sur toute la longueur du bâtiment, et sur lequel sont montées des poulies actionnant les dynamos.

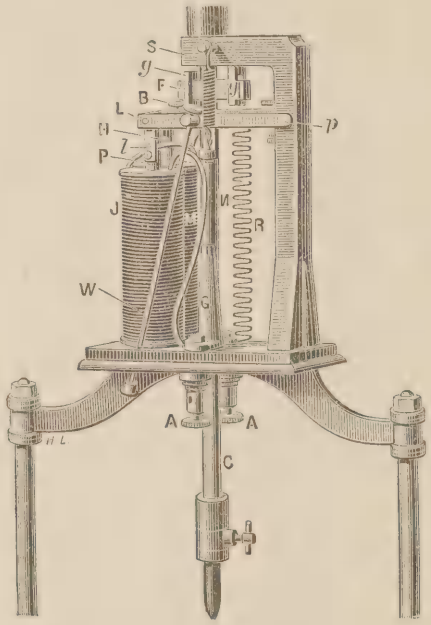
Ces dernières sont au nombre de 29, et placées en deux rangées de chaque côté de l'arbre, leurs électro-aimants régulateurs sont fixés aux pilliers de la salle, et numérotés comme les dynamos.

La station entretient 1000 arcs, et de plus des lampes à incandescence; elle fournit, en outre, la force motrice à des petits moteurs dont les applications s'étendent chaque jour.

Le personnel qui a à surveiller cette station et ses 80 kilomètres de conducteurs comprend, en outre du directeur, et des comptables, deux ingénieurs de nuit et deux de jour, deux chauffeurs, un homme pour le charbon et deux pour le graissage. Pour l'entretien, la pose et les réparations des lignes et des lampes, la Compagnie emploie un personnel de 20 hommes et 25 en hiver.

Lampes a arc système Lever. — M. Lever a inventé depuis peu, un nouveau régulateur à arc assez intéressant.

Comme le montre la figure, la partie supérieure



du chassis est d'une seule pièce de fonte; la partie inférieure également en fonte est reliée par des tiges de fer isolées. Le tube porte-charbon C joue librement à travers des trous pratiqués dans la partie supérieure, et est protégé par le tube de cuivre extérieur.

Un levier L est pivoté en *p* et retenu par le ressort S ; on peut régler celui-ci au moyen de l'écrou N. Le noyau P du solénoïde J, de fil fin (300 ohms) est suspendu à une tige *l* à l'extrémité du levier L; ce noyau fait piston de dash-pot dans la bobine en cuivre du solénoïde. F est un frein, appuyant sur le tube porte-charbon C, il est tenu dans deux guides *gg* dont l'un est fixé au levier L et l'autre au bâti, en sorte que, lorsque le levier remonte, le frein se meut librement dans ses guides. L'écrou B dont la vis traverse L permet de régler le mouvement de celui-ci et par suite la longueur de l'arc.

Un tenseur de laiton W avec un écrou à la partie inférieure, permet d'abaisser le levier L, par exemple, dans le nettoyage de la lampe.

Dans sa position normale, quand aucun courant ne passe dans la lampe, le ressort relève ce levier L et le frein, et par suite soulève le porte-charbon, et sépare les charbons.

Un petit balais G relie la borne positive au porte-charbon supérieur ; les charbons étant séparés la seule voie pour le courant est le fil fin du solénoïde J, qui attire son noyau, ce qui relâche le porte-charbon, et amène le contact. A cet instant, le circuit principal est completé, ce qui annule presque complètement le courant dans le solénoïde; le ressort S l'emporte et l'arc est formé.

A mesure que l'arc s'allonge, le levier L s'abaisse; quand il est horizontal, le frein commence à lâcher le charbon; le mouvement est des plus réguliers.

Cette lampe peut marcher également bien avec 10, 20, ou même 30 ampères, la longueur de l'arc variant au moyen du ressort S et du levier B ; il est également indifférent quelle sorte de courant on emploie.

Quand ces lampes sont groupées en série, un coupe-circuit automatique y est ajouté; l'électro de celui-ci, M, consiste en un barreau de fer enroulé de deux couches de gros fil isolé; M est isolé et l'une des extrémités du fil y est reliée, l'autre se terminant, à travers la résistance R égale à celle des charbons, à la borne négative A'. L'écrou H est ajusté de telle sorte que, lorsque le levier est horizontal, et au point de freinage, il ne touche pas au noyau M. Si un accident quelconque empêche le mouvement du charbon, le solénoïde abaissera le levier jusqu'à ce que H touche M; à ce moment le courant passe de H à M, R et A. La lampe est hors circuit, M continue à maintenir abaissé le levier L, et lorsque les charbons reviennent au contact, le ressort S peut alors surmonter l'attraction de M, le courant ayant diminué de moitié, et l'arc se reformera.

Dans les circuits à incandescence, le coupe-circuit, n'est pas nécessaire, le solénoïde étant de grande résistance, et si le charbon supérieur s'arrête, il n'y a pas d'accident à craindre.

Nouvelle électrode négative pour les piles Leclanché. — Vous avez donné, il n'y a pas longtemps, le résultat d'essais faits sur diverses piles du genre Leclanché, entr'autres celle de MM. Bender et Francken ; voici, d'après leur brevet américain, la composition et le mode de fabrication de leurs agglomérés :

Peroxyde de manganèse	40 o/o
Graphite	44 o/o
Goudron (Brai).....	9 o/o
Soufre	0,6 o/o
Eau.....	6,4 o/o

Ces substances sont réduites en poudre fine, et mélangées soigneusement, puis moulées dans des formes métalliques, et comprimées au moyen d'un plongeur; on peut également faire les agglomérés à la manière des charbons à lumière, en forçant la masse à travers une ouverture.

L'aggloméré ainsi formé est assez solide pour être manié; il est ensuite séché, et placé dans des fours, dont la température est portée graduellement à 350 C. Cette température, inférieure à celle de décomposition du peroxyde, suffit pour chasser toutes les parties volatiles ; enfin, le soufre agissant sur les parties les moins volatiles du goudron, en transforme une partie en produits gazeux, qui s'échappent, le reste agit sur la masse et donne alors un corps solide, inattaquable, en opérant d'une manière semblable à son action sur le caoutchouc, dans la vulcanisation.

L'éclairage électrique des voitures de chemins de fer. — Dans une communication récente à l'*American Institute of Electrical Engineers*, M. G. W. Blodgett, l'électricien du chemin de fer de Boston à Albany, a donné les détails suivants sur le progrès de l'éclairage électrique des trains de chemins de fer.

Au mois de janvier dernier, la compagnie Électrique *Julien* plaçait 60 éléments de ses accumulateurs sur la voiture portant le n° 90 du chemin de fer de Boston à Albany, dans laquelle on avait installé 10 lampes de 16 bougies. Après avoir constaté l'insuffisance de ce nombre, on le porta à 24 dont vingt se trouvaient sur la voiture et quatre sur la plateforme.

Cette voiture fut mise en marche pendant deux mois à titre d'expérience et avec des résultat si satisfaisants, qu'aux mois de mars et d'avril le trains qui partaient de Boston et de New-York à quatre heures et demie, tous les jours, étaient munis du même système. (Ces trains étaient également chauffés avec la vapeur de la locomotive, et il n'y avait ni calorifère ni lampes à huile dans le train).

Toutes les voitures de première classe sont éclairées avec 22 lampes à incandescence de 16 bougies, dont deux sont au dessus de la plateforme, seize dans la voiture même, et le reste dans les vestibules et dans les toilettes.

Les lampes à l'intérieur des voitures, sont disposées en deux rangées, de chaque côté sur le plafond, et sont en deux circuits absolument indépendants, pourvus chacun de son commutateur spécial pour l'allumage et l'extinction des lampes.

Les plateformes sont disposées de façon à être éclairées depuis chaque extrémité de la voiture. On peut, au besoin, les éclairer juste au moment d'arriver à une gare, et éteindre les lampes dès que le train repart.

Les 60 éléments d'accumulateurs Julien sont disposés dans des boîtes, placées par 30 de chaque côté des voitures; le poids est d'environ une tonne. Les 30 éléments d'un côté de la voiture sont tout à fait indépendants des 30 autres.

Ces éléments ont une capacité de 150 ampères-heures, et donnent 60 volts pour chaque côté de la voiture.

Comme on se sert de lampes de 60 volts, une seule moitié suffirait pour les alimenter toutes mais naturellement, pour un temps moitié moindre. Les accumulateurs sont groupés par six éléments dans des caisses pourvues d'anses, et pesant 200 livres chacune; elles peuvent être mises en place par deux hommes.

Ces caisses sont pourvues à l'extérieur de forts ressorts en laiton qui, lorsque les caisses sont en place, se touchent et forment la communication entre les différents groupes.

Il n'y a donc aucun fil à enlever ou à retirer. Des fils passent de ces boîtes, de chaque côté, sous la voiture, et vont à un commutateur placé dans l'une des toilettes, où se trouvent également les bornes des circuits de lampes.

Le commutateur est disposé de façon à permettre de varier le nombre des éléments en fonction de 27 à 30, en série, ainsi que d'ajouter les autres, de temps en temps, pour maintenir l'intensité lu-

mineuse des lampes, au fur et à mesure que la force électromotrice des éléments diminue. On fait actuellement des expériences pour éviter cette sujétion.

Deux bornes au-dessous, et au milieu de la voiture, de chaque côté, servent à relier, au moyen de chevilles, une paire de câbles reliés à des fils qui vont à une dynamo, dans une usine de lumière électrique du voisinage.

Ces bornes sont de différentes dimensions pour éviter toute confusion. Quand les accumulateurs sont chargés, les 60 éléments sont tous groupés ensemble.

Pour éviter toute confusion on a imaginé un commutateur qui, par le mouvement d'une combinaison de quatre leviers, mettrait tous les éléments en série, en les reliant au circuit de la dynamo.

Dans une position, ils sont entièrement détachés des circuits des lampes, et aucun courant ne peut arriver à celles-ci. Quand ce commutateur est tourné de l'autre côté, les éléments sont sans communication avec la dynamo, groupés en deux séries de 30, et reliés aux circuits des lampes qui cependant ne s'allument qu'au moyen des commutateurs spéciaux installés à cet effet.

Il est fort improbable qu'un accident à l'un des circuits de lampe ou aux fils de l'un des côtés de la voiture, entraîne l'extinction de l'autre.

En éteignant les lampes d'un circuit, on peut donc généralement laisser brûler les autres jusqu'à ce que le train arrive à destination. A deux reprises, cette disposition des circuits a été trouvée très avantageuse.

A l'exception d'une seule, toutes les voitures sont pourvues de lampes à incandescence Weston demandant 1,1 ampère ; mais une voiture qui a des lampes Edison se comporte si bien, qu'on se servira probablement, à l'avenir, de ces lampes seulement.

Arrivé à Boston, le train est remisé sur une voie de garage où l'on a planté des poteaux avec les fils des dynamos ; en face de chaque voiture, une paire de bornes sert à établir la communication avec la voiture, et l'opération de charge commence.

Une intensité de courant de 18 ampères passe pendant plusieurs heures elle tombe à 12 et quelquefois à 10 ampères vers la fin de la charge, qui est maintenant de 180 ampère-heures pour les 60 éléments en série. S'il n'y avait aucune perte, on pourrait fournir aux lampes 360 ampères-heures. Supposons que les lampes prennent chacune 1,1 ampère, on utilise en réalité $22 \times 1,1$ ampère $\times 9$ heures $= 216$ ampères-heures environ ou 60 pour cent. S'il faut une heure ou deux d'éclairage extra, il y a assez de réserve pour les fournir.

On a essayé de réduire la charge à 140 ou 130 ampères-heures, mais comme plusieurs des éléments n'étaient pas en très bon état, les résultats laissaient à désirer.

Pour le moment les trains vont à New-York et retournent avec une seule charge, mais on n'est pas certain s'ils pourront le faire pendant les longues soirées d'hiver.

Dans un article récent sur les piles secondaires, M. Reckenzaun fixe la moyenne du rendement à 70 o/o. La Compagnie Julien prétend obtenir de 80 à 85 o/o avec ses appareils. On peut, sans doute, y arriver dans des conditions spéciales, mais d'après l'expérience de M. Blodgett, on ne pourrait pas compter sur un rendement aussi élevé pour l'éclairage des trains dans les conditions actuelles.

Les frais d'installation s'élèvent à un total d'environ 4500 francs par voiture. On pourrait cependant diminuer ce chiffre, car tous les ouvriers étaient sans expérience du travail spécial. Les frais d'exploitation sont d'environ 10 o/o par voiture et par jour ou un sou par heure et par lampe.

Pendant l'hiver, quand on aura besoin de la lumière pendant plus longtemps, le prix par lampe-heure sera diminué. Ce chiffre représente à peu près dix fois le prix de l'huile et à peu près le même prix que le gaz, mais, si l'on considère la quantité de lumière qu'on obtient, l'électricité revient à meilleur marché, de même qu'elle est de beaucoup la plus commode. La lumière est très brillante, bien distribuée, fixe et satisfaisante sous tous les rapports.

L'absence de toute chaleur est très remarquable, ainsi que la pureté de l'air qui ne change pas pendant le voyage; ce fait et l'absence de tout danger d'incendie recommandent le système d'une façon toute spéciale pour les sleeping-cars.

L'*Electrical Accumulator C°* éclaire aussi plusieurs trains avec ses accumulateurs qui donnent également de bons résultats.

La lampe a arc de M. Mac Dill. — M. Mac Dill, de Fort Worth, dans le Texas, a imaginé une nouvelle lampe à arc dans laquelle le mécanisme régulateur a été réduit à son minimum et ne se compose que d'un électro-aimant en fer à cheval et d'une sorte de frein formé de deux armatures à charnière qui, au moment d'être attirées par l'aimant, prennent la tige de charbon qu'elles font monter pour former l'arc.

Les électros sont excités par un nombre d'ampère-tours suffisant pour soulever l'armature, la tige et le charbon supérieur, et pour les maintenir en place jusqu'à ce que l'allongement de l'arc ait réduit la force d'attraction au point critique où les aimants lâchent les armatures qui sont alors écartées de la tige, qui descend jusqu'à ce que le contact soit établi avec le charbon inférieur, le courant est ensuite rétabli, l'attraction a lieu de nouveau et l'arc est reformé.

L'action continue aussi longtemps que durent les charbons. Ceci est la marche théorique de la lampe, mais en pratique, on trouve qu'au fur et à mesure que les charbons brûlent, l'armature est de moins en moins chargée, elle est retenue plus longtemps et la longueur de l'arc augmente.

Pour y remédier, on ajoute un électro-aimant de grande résistance qui est relié en dérivation sur l'arc. Le noyau de cet aimant est en contact avec le cadre et la borne négative. Au-dessous de l'aimant et supportée par un bras en laiton, se trouve une armature reliée à la borne positive. Au-dessous de l'armature et traversant le bras en laiton il y a une vis de réglage qui règle la longueur de l'arc, car, quand ce dernier dépasse la longueur normale, le courant dérivé autour de l'aimant à grande résistance est assez considérable pour attirer son armature et mettre les bornes positives et négatives en contact.

Les électros principaux de la lampe sont pratiquement mis en court circuit, ce qui fait rapprocher les charbons. On voit que la lampe se distingue par ce fait que la régulation est supposée instantanée.

Tous les organes sont donc très légers et la rupture de l'arc, la descente du charbon et la réattraction de l'armature se font si rapidement qu'ils ne produisent qu'une vascillation à peine perceptible de la lumière.

L'organe qui remplace le dérivateur et l'interrupteur ordinaires présente également une disposition originale. La borne négative est fixée directement sur le cadre de la lampe ; la borne positive est naturellement isolée.

L'interrupteur est constitué par une rondelle placée sous la borne positive et composée d'une matière fusible, très résistante et à bon marché ; c'est un mélange de soufre et de graphite. Si par hasard la lampe cesse de fonctionner, cette rondelle se fond et permet à la borne positive de toucher la lampe, ce qui ouvre un chemin pour le courant. Comme la rondelle ne coûte pas cher et que la borne est d'un accès facile, les choses sont aisément remises en état.

La construction de la lampe permet de régler la longueur de l'arc et l'on peut faire varier l'intensité lumineuse de 1000 à 3000 bougies.

Une nouvelle méthode pour empêcher le noircissement des lampes a incandescence. — Pendant le fonctionnement d'une lampe à incandescence, il se dégage de son filament une quantité plus ou moins grande de charbon sous forme de poussière qui se dépose sur la surface intérieure du globe.

M. Edward Thompson a constaté que ce charbon est en grande partie déposé au moment de la fermeture ou de l'ouverture du circuit, et l'attribue à la charge statique que prend la lampe ainsi qu'à la décharge qui a lieu à l'extinction? Pour remédier à cet inconvénient, M. Thompson a construit une lampe munie d'un dispositif pour décharger le filament et pour empêcher le dégagement du charbon libre ou au moins pour diriger le dépôt sur des points où il ne pourra gêner la radiation de la lumière.

L'inventeur y est arrivé au moyen d'un conducteur indépendant relié à la terre et placé à l'intérieur du globe ; il est muni de pointes des deux côtés vers les branches du filament.

Ce conducteur passe dane le globe entre les deux branches du filament ; il est muni de pointes d'une matière conductrice qui se prolongent des deux côtés vers les branches du filament sans cependant les toucher tout à fait.

Les courants ou les charges à potentiel élevé et surtout celles qui se produisent à l'interruption du circuit de la lampe tendent, d'après M. Thompson, à se décharger à travers les branches du filament à ces pointes et tout le charbon désagrégé à ce moment se déposera sur le conducteur plutôt que sur la surface du globe.

Ce conducteur central communique avec un autre fil à travers lequel la décharge passe à la terre.

Selon M. Thompson la communication à la terre n'est pas toujours indispensable. Quelquefois il est préférable de former les filaments avec des pointes allant vers le conducteur central ou bien on peut prolonger les pointes du filament l'une vers l'autre.

L'installation électrique de la maison de campagne de M. C. Johnson. — L'habitation du président de l'*Edison Electric Light C°* peut servir d'exemple des applications modernes de l'électricité domestique. On s'est, en effet, servi de l'électricité de toutes les manières possibles pour augmenter le confort des habitants.

Cette maison est située sur une colline à 2 1/2 milles de la gare de Greenwich, dans l'État de Connecticut. Elle a trois étages et tout autour il y a des portiques qui peuvent être éclairés le soir et la petite tour qui la surmonte est devenue une station météorologique en miniature. Le hangar des dynamos et des machines se trouve derrière la maison.

Le chauffage se fait au moyen d'une longue canalisation souterraine qui aboutit dans les celliers à un réservoir rempli de serpentins de tuyaux à vapeur. Pendant l'hiver, une soufflerie Sturtevant, actionnée par un moteur Sprague, envoie l'air à travers une canalisation et le fait passer au dessus des serpentins. Tout l'air amené à la maison est ainsi chauffé avant d'y pénétrer et on peut maintenir exactement la température à 22 degrés pendant l'hiver. En été, toute l'eau employée dans la maison traverse les serpentins de ce réservoir et l'air froid est distribué dans la maison comme l'air chaud en hiver.

L'installation électrique se compose d'une machine à vapeur et de deux dynamos Edison, n° 10, d'une capacité de 200 ampères chaque. Il y a également deux séries d'accumulateurs pouvant fournir chacune 35 ampères et comprenant 120 éléments en tout.

Au moyen d'un commutateur, on peut mettre n'importe quelle dynamo soit sur le circuit de la batterie, soit sur celui des lampes. Un galvanomètre sert à régler le potentiel de manière à éviter toute variation dans l'éclairage. Un commutateur permet également de compenser la chute du potentiel dans la batterie, de sorte que la force électromotrice peut être maintenue à une certaine valeur pour les lampes, quel que soit le courant venant de la batterie.

L'habitation entière et le bâtiment des machines sont naturellement éclairés avec des lampes à incandescence. Les deux grandes avenues qui mènent à la maison sont également éclairées avec des lampes Edison, montées sur des supports élégants.

La grille de l'entrée principale est actionnée par un moteur Sprague et peut être ouverte soit par l'arrivant; soit de la maison; il y a une disposition spéciale qui annonce à la maison que la grille est ouverte.

Devant l'entrée de la maison est suspendu un candélabre magnifique. Les vérandas qui entourent les deux étages sont également pourvues de candélabres et de lampes isolées au nombre de plus de 200, rien que pour la façade.

La salle à manger est éclairée au moyen de 8 candélabres disposés sur différents circuits. Toutes les lampes aux étages supérieurs sont réglées par un commutateur placé à chaque étage. Il y a également un circuit indépendant qui traverse la maison et comprend une lampe pour chaque chambre et qui peut être contrôlé indépendamment pour chaque étage.

Dans le grand vestibule se trouvent : un téléphone à grande distance, un télébaromètre et téléthermomètre et d'autres appareils, fournis par la *Temeter C°* de New-York, de sorte qu'on peut immédiatement se renseigner sur la température, à l'intérieur comme à l'extérieur de la maison, sur la pression de vapeur des chaudières, sur l'intensité du courant dans les différents circuits, la vitesse du vent, etc.

On est en train d'arranger une fontaine électrique, et d'installer des machines à fabriquer la glace, actionnées par des moteurs Sprague.

Toute l'installation comprend 500 lampes Edison, et il a fallu plus de 50.000 pieds de fils.

Un fait assez curieux, c'est que, pour tous les appareils domestiques, téléphones, annonciateurs, etc., il n'y a pas une seule pile ordinaire, et tout le courant est fourni directement par les dynamos et les accumulateurs.

J. Wetzler

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

180812. — 11 janvier 1887. — SENCIER. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Les perfectionnements en question portent sur quatre points principaux :

1° Induit d'un grand diamètre pour obtenir une meilleure distribution du magnétisme, et employer une vitesse de rotation plus faible, pour une force électromotrice donnée.

2° Inducteurs multiples à pôles conséquents dont les culasses sont constituées par les flasques mêmes du bâtis.

3° Collecteur spécial pour éviter la multiplicité des balais. Pour n'en employer que deux, le nombre de touches du collecteur doit être égal à celui des bobines, et être un multiple du nombre des pôles.

A cet effet, les touches sont soudées à des cercles en bronze, dont chacun réunit entre elles quatre touches diamétralement opposées.

Les bouts, entrant et sortant du fil des bobines, sont réunis entre eux pour former le montage en chaîne, comme dans les machines ordinaires.

4° Enfin, fer doux de l'induit, formé par une série de lames de tôle découpées au balancier. La couronne est dentelée à la circonférence extérieure pour l'enroulement du fil, et le tout est monté sur l'arbre par quatre secteurs de bronze qui serrent par friction, sur la partie intérieure de l'anneau.

En un mot, M. Sencier s'est efforcé de réunir, dans sa machine, les principaux avantages sur lesquels tout le monde est d'accord, et dont les détails de construction seuls peuvent constituer une propriété véritable.

180786. — 8 janvier 1887. — BYNG. — NOUVEAUX MOYENS D'APPLIQUER L'ÉLECTRICITÉ AUX USAGES THÉRAPEUTIQUES.

Si vous ne savez pas comment on peut, à volonté, mettre une chambre en *état électrique*, M. Byng vous l'apprendra.

Rendre d'abord le plancher et le plafond bons conducteurs de l'électricité, par l'application de feuilles de métal et mettre ce plancher et ce plafond en communication avec les bornes d'une bobine d'induction.

Ceci étant, si on vous enferme dans la chambre, vous pourrez, en vous y prenant bien, recevoir quelques secousses, et, si cela ne vous fait pas de bien, cela pourrait peut-être vous faire du mal.

180842. — 12 janvier 1887. — ABOM et LANDIN. — PROCÉDÉ DE TANNAGE DES PEAUX A L'AIDE DE L'ÉLECTRICITÉ.

MM. Abom et Landin, vous voyez que nous ne vous avons pas oubliés !

Depuis deux mois, des petites notes venues de Belgique nous signalent votre brevet ; mais, malgré notre bonne volonté, nous avons dû attendre son tour pour le publier.

Donc, le procédé Abom et Landin a pour but de rendre le tannage des peaux plus rapide, en augmentant, par un courant électrique, l'efficacité des forces capillaires et andosmotiques, de façon à faire pénétrer plus facilement la substance corroyante dans les peaux.

A cet effet, les peaux à tanner sont placées dans une solution de matière corroyante, entre deux plaques de cuivre en relation avec les pôles d'une machine dynamo, et, comme un courant continu aurait l'inconvénient, par un effet électrolytique, de donner naissance à une grande quantité de gaz, oxydant et détériorant une notable partie de la substance corroyante, ce sont les courants alternatifs qui sont seuls recommandables.

Si, de la sorte, le tannage est plus complet et plus rapide que par les procédés ordinaires, Messieurs les tanneurs qui en ont fait l'expérience, seuls peuvent le dire.

181007. — 17 janvier 1887. — MAICHE. — MACHINE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE SIMPLIFIÉE.

Machine par trop simplifiée, dont nous avons donné une description dans notre article du 2 juillet dernier.

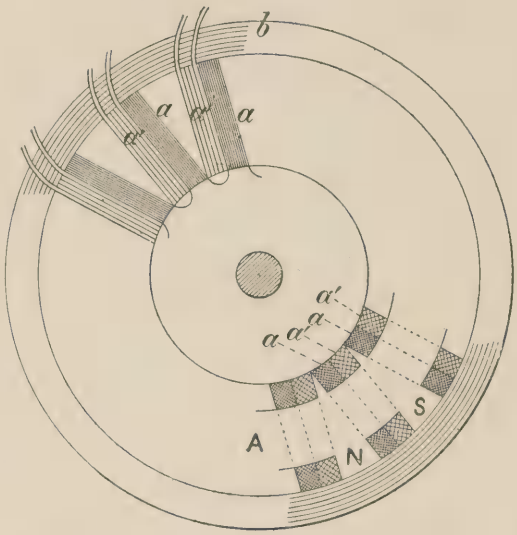
180920. — 15 janvier 1887. — DICK et KENNEDY. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS LA TRANSFORMATION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ELECTRIQUE, ET DANS LES APPAREILS A CET EFFET.

Le transformateur de MM. Dick et Kennedy, que représente la coupe ci-contre, a été imaginé dans le but de rendre l'auto-induction utile pour donner l'auto-régulation au générateur secondaire.

Les conducteurs *y* sont enroulés en un nombre considérable de petites sections, n'ayant chacune que quelques tours, et un court-circuit magnétique indépendant.

Dans ces conditions, l'induction mutuelle est maximum, car cela a lieu, en effet, quand les conducteurs reposent tous parallèlement, dans toute leur longueur, et à un écartement uniforme l'un de l'autre et du fer du générateur.

Ce fer, comme on le voit sur la figure, est composé



d'une lame de tôle A, découpée de manière à avoir en son centre un trou A' circulaire, qu'on peut, à volonté, laisser vide ou remplir de fer, et des dents NS, NS, à sa circonférence extérieure.

Dans chaque dent, deux sections, *a* (primaire), *a'* (secondaire), viennent se loger et par dessus un cerclage *b* de fil de fer serre le tout. Avec une série de rondelles ainsi composées et ayant chacune un organe magnétique indépendant on constitue un générateur secondaire ayant la forme cylindrique.

Les plaques ne sont pas forcément circulaires, et l'enroulement des fils peut aussi bien être fait sur des plaques de fer rectangulaires dans lesquelles des dents auront été découpées dans les bords opposés.

Quoi qu'il en soit, on voit que dans ce type de générateur secondaire, les conducteurs sont, dans toute leur longueur, presqu'également rapprochés de la partie du noyau de fer A et de la gaîne *b*.

Aussi, l'auto-induction et l'induction mutuelle sont maxima, et, comme le maximum de *a* a lieu quand *a'* ne travaille pas, la self-induction est si forte, qu'elle fait naître une contre-force électromotrice opposée à la force électromotrice primaire, modérant ainsi l'énergie électrique et donnant à l'appareil une auto-régulation.

Si, maintenant, vous désirez apprendre la façon dont on peut utiliser l'appareil que nous venons de décrire, lisez le contenu du brevet suivant.

180958. — 17 janvier. — DICK et KENNEDY. — PERFECTIONNEMENTS DANS LA TRANSFORMATION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

En général, et surtout lorsqu'il s'agit de grandes distances, le transport de l'énergie électrique s'opère au moyen de machines à hauts potentiels donnant des courants de faible intensité, quitte à faire agir le transformateur.

MM. Dick et Kennedy, probablement pour éviter la construction de la machine à hautes tensions, n'opèrent pas ainsi.

Pour le transport proprement dit, ils font usage de machines à faible potentiel et à grand débit, dont le courant est une première fois transformé en courant de faible intensité et de tension élevée, pour être envoyé aux lampes après un seconde transformation.

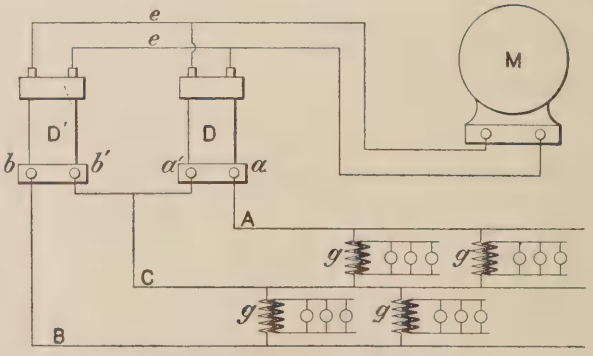
Le principe de cette distribution, le voilà... quant à la réalisation pratique, ce n'est que deux jours plus tard que MM. Dick et Kennedy la donnèrent dans le brevet qui suit.

180995. — 19 janvier 1887. — DICK et KENNEDY. — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS LA TRANSFORMATION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

Il s'agit, nous venons de le dire, de l'emploi des machines à faible potentiel, et d'une double transformation. De plus, pour économiser le conducteur, MM. Dick et Kennedy font usage de la distribution à trois fils, entre les premiers transformateurs et les seconds, qui sont montés parallèlement en arcs multiples.

Le schéma ci-joint montre clairement comment les divers organes sont placés.

M est la machine dynamo à faible potentiel, alimentant



en dérivation deux transformateurs D, D'. Les circuits de ceux-ci sont en tension. Aux extrémités *b* et *a* partent deux conducteurs A et B et un troisième fil C est fixé entre les bornes de jonction *b'* et *a'*.

Sur ces trois conducteurs, alors sont montés parallèlement et en dérivation, les transformateurs *g*, qui distribuent aux lampes un courant à faible potentiel et à grand débit.

Voilà l'ensemble du système Dick et Kennedy.

Évidemment, il eut pu, sans difficulté, être résumé dans un seul brevet, au lieu d'être détaillé ainsi en trois parties : mais, probablement pour des raisons importantes, le preneur de brevet n'aura pas été de cet avis.

180.975. — 17 janvier 1887. — JEHL. — TRANSFORMATEUR DE COURANTS CONTINUS OU ALTERNATIFS

Pendant que nous sommes dans la transformation, voici encore un brevet qui ne semble pas avoir absolument le mérite de la nouveauté.

Le transformateur Jehl est, en effet, constitué par un anneau de fer doux fait avec du fil de fer sur lequel sont montés deux enroulements, l'un primaire, l'autre secondaire. Chaque enroulement a son collecteur spécial et, au besoin, cet anneau unique peut être remplacé par deux anneaux distincts, l'un fait de gros fils, l'autre de fils fins.

Vous le voyez, c'est le robinet connu: demandez la manœuvre à M. Cabanellas.

181.097. — 24 janvier 1887. — MN. DUN MONTANUS ET HASSLACHER. — PERCECTIONNEMENTS AUX PILES ÉLECTRIQUES.

Dans les piles à deux liquides, on a toujours un intérêt très grand à bien séparer les deux liquides, et pourtant on n'y arrive jamais complètement.

De même, dans une pile à un liquide, où le dépolarisant est en poudre, il est très difficile d'empêcher le contact de ce dernier avec l'électrode soluble.

MM. Dun Montanus et Hasslacher y sont pourtant arrivés en congelant un des liquides avec de la gélatine. Celle-ci, en effet, n'est pas mauvaise conductrice et, surtout, elle n'est pas liquide, ce qui est important dans les piles où le dépolarisant est un composé métallique soluble : par exemple, celle où les électrodes sont composées, l'une de zinc, l'autre de cuivre ou de plomb, et le dépolarisant de sulfate de cuivre.

Pour monter un tel élément, voici comment on s'y prend.

Sur le fond d'un vase de verre, on place une feuille de zinc ployée en cylindre ou en spirale, à laquelle on fixe un conducteur entouré de gutta-percha.

On prépare ensuite, par l'addition d'amidon à de la soude caustique, une masse gélatineuse qui, liquéfiée par la chaleur, est coulée dans le vase jusqu'à ce que son niveau dépasse de 1 centimètre celui de la plaque de zinc.

Après le refroidissement, on place sur le vase deux traverses de bois, auquelles on suspend l'électrode négative faite par une plaque de plomb perforée et repliée de manière à en faire une coquille, dans laquelle on met des cristaux de sulfate de cuivre.

Enfin, lorsqu'on a attaché un deuxième conducteur à cette plaque, il ne reste plus qu'à ajouter de l'eau pour avoir une pile prête à fonctionner.

181.101. — 27 janvier 1887. — BERGONIÉ ET GENDRON. — PILE ÉLECTRIQUE A GRAND DÉBIT, A ÉLÉMENTS SUPPERPOSÉS ET A ÉCOULEMENT CONTINU, AVEC UN APPAREIL NOUVEAU D'ALIMENTATION.

Si vous ne l'avez pas déjà deviné, nous vous dirons tout de suite qu'il s'agit ici d'une pile à deux liquides, dont l'un est le bichromate de potasse.

Chaque élément se compose naturellement de deux vases, l'un extérieur, l'autre fait de matière poreuse.

La figure 1 montre en coupe la superposition de ces deux vases et leur forme.

Le vase extérieur, rectangulaire est en charbon et a

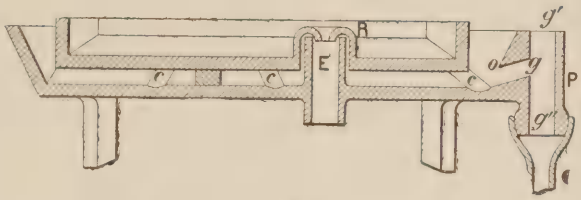


Fig 1

son fond drainé par des canelures *cc* formant une série de carrés pour l'écoulement facile du liquide.

Dans la partie la plus profonde, se trouve à la paroi l'orifice O d'un canal *g* dirigé de haut en bas et qui débouche dans un deuxième canal *gg'* vertical, ouvert à ses deux extrémités.

Enfin, ce canal *gg'*, qui forme un renflement P sur la paroi du vase, est muni d'un tube *t* destiné à conduire le liquide à l'extérieur ou dans un deuxième élément, lorsque la pile est montée en cascade.

A côté de l'orifice O, le fond du vase est traversé par un tube E faisant saillie en haut et en bas, et qui est destiné à constituer un trop-plein pour le vase poreux.

Celui-ci, en effet, qui vient se placer comme le montre la figure 1, a en R un tube d'écoulement qui vient coiffer le tube E, de façon à ce que le liquide puisse traverser le vase de charbon.

Enfin, dans le vase poreux est placée l'électrode négative, c'est-à-dire une plaque de zinc amagalmé, baignant dans l'acide sulfurique, tandis que, dans le vase extérieur, est versé le liquide dépolarisant: du bichromate de potasse, nous l'avons dit.

Les éléments sons montés en cascade, et pour avoir une bonne utilisation des solutions employées, l'alimentation

continue est faite au moyen de l'appareil représenté figure 2.

P est le robinet d'un réservoir d'eau débouchant dans deux tubes *pp'*; à ces tubes aboutissent deux autres tubes provenant des réservoirs R et R', qui contiennent, l'un l'acide sulfurique, l'autre le bichromate.

Les solutions se réunissent ainsi dans les mélangeurs

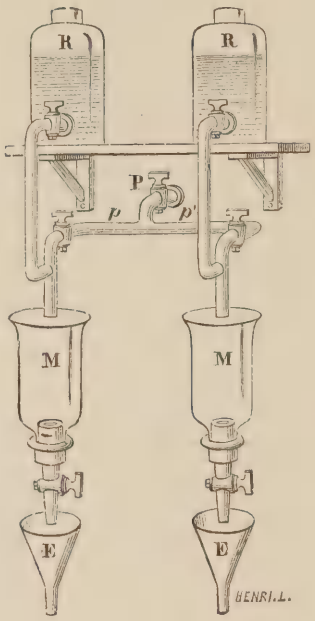


Fig. 2

MM et, par les entonnoirs E, vont l'une au vase poreux, l'autre au vase de charbon.

Avec les robinets que possède le système, on règle l'écoulement à volonté, pour avoir la meilleure utilisation des liquides et la constance la plus grande du courant.

P. Clemenceau

(*A suivre*)

CORRESPONDANCE

Monsieur le Directeur,

Dans *La Lumière Électrique* du 2 courant, je lis un article, beaucoup plus spirituel qu'exact.

La machine que vous décrivez sous mon nom, est destinée aux appels téléphoniques, elle ne pèse que quelques centaines de grammes et n'a aucune prétention à produire de la lumière.

Le brevet qui se rapporte à la machine dont vous avez voulu parler, n'est pas encore sorti, ceci vous explique la sobriété des détails que nous pouvons donner. Permettez moi, cependant, de vous dire qu'il était bien plus simple de me demander des renseignements que j'aurais été très heureux de vous offrir en vous faisant voir un modèle exact du système dont il a été parlé ces derniers temps, et que vous avez visé dans votre article. J'ajouterai seulement que je n'ai formulé, jusqu'ici, aucun chiffre de rendement; je me borne à dire, qu'en présence des expériences que je puis vous faire voir, le maximum possible est atteint à bien peu près.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, mes civilités respectueuses.

L. Maiche

Si, comme l'affirme M. Maiche, nous avons fait confusion, et pris l'une de ses machines pour l'autre, nous ne demandons qu'à reconnaître notre erreur.

Celle-ci ne provient d'ailleurs que de la trop grande ressemblance des détails donnés par le *Figaro*, avec les revendications du brevet auquel nous avons fait allusion dans notre article du 2 juillet.

Nos réserves n'en demeurent pas moins sur les prétendues merveilles de la machine Maiche, que nous étudierons avec plaisir, dès que l'inventeur aura bien voulu nous en communiquer les détails.

P. C.

Monsieur le Directeur,

Nous trouvons dans votre n° du 9 Juillet, un entrefilet relatif à la réparation des lampes à incandescence qui contient une erreur capitale qu'il est important pour nous de relever, car elle est de nature à porter gravement atteinte à notre industrie.

Vous citez des expériences sur la matière faites à Ivry et à Dijon que nous connaissons et qui ont eu pour résultat un abaissement considérable de la force électromotrice, en effet, les lampes de 100 volts n'étaient plus que de 50 et dans de semblabes conditions elles ne peuvent plus être mises sur le même circuit.

Il ne faut pas conclure, parce que ces essais ne sont pas concluants, que nous procédons de la même façon et que nos lampes réparées aient la même valeur. Nous affirmons que les lampes qui sortent de notre atelier *n'ont pas varié* dans leur résistance et que les lampes de 100 volts avant la réparation sont encore de 100 volts après, elles peuvent donc être remises en service sur leur ancien circuit.

Du reste, nous ne craignons pas de faire appel à votre impartialité et nous vous invitons Monsieur, ainsi que les auteurs des renseignements sérieux dont vous parlez, à venir voir nos lampes à notre atelier, et là, instruments en mains, vous jugerez et pourrez vous convaincre que les résultats sont plus sérieux que vous ne le dites et sont toujours aussi séduisants.

Vous nous excuserez si nous ne divulguons pas notr manière de faire, qui n'a d'intérêt que pour nous.

La seule objection qui vous restera à faire sera celle de la durée, nous pourions vous parler de nos expériences personnelles, nous préférons vous transmettre dans quelques jours des attestations émanant de maisons de premier ordre, prouvant que nombre de lampes neuves de certaine provenance, n'atteignent même pas la durée des lampes réparées par nous, n'en déplaise aux constructeurs.

Confiants dans votre impartiabilité pour la publication de cette rectification, agréez Monsieur l'assurance de notre considération distinguée.

DUMONT ET PAUTHONIER.

A la suite de la publication du brevet de MM. Pauthonier et Dumont, on nous avait écrit pour nous signaler un brevet du même genre pris par M. Bernd, de Vienne, et en même temps 'insuccès de tentatives semblables faites à Ivry t à Dijon ; nous avons cru devoir publier ces renseignements, en tant que renseignements.

Si maintenant, ces messieurs, par d'autres procédés, ont obtenu de meilleurs résultats, nous ne pouvons que les en féliciter, et nous ne manquerons pas d'enregistrer leur succès, quand nous aurons des données sur la durée des lampes ainsi réparées. Nous ferons seulement remarquer que l'entrefilet en question ne contient pas *d'erreur capitale* puisqu'il ne fait que constater l'échec des tentatives, antérieures à celles de nos correspondants.

LA RÉDACTION

FAITS DIVERS

Ministère de la Guerre

Le 23 août prochain, à 2 heures de l'après-midi, à l'Hôtel de Ville de Versailles, il sera procédé à l'adjudication publique, sur soumission cachetée, pour la fourniture de câbles électriques et téléphoniques et de fils électriques pendant 2 ans 5 mois, à courir du 1er août 887.

On pourra prendre connaissance de tous les documents relatifs à ce marché, dans les bureaux de l'Ecole du Génie, tous les jours, les dimanches et jours de fête exceptés, de 8 heures à 10 et de 1 heure à 5 du soir.

Les demandes d'autorisation de concourir devront parvenir au Commandant de l'Ecole avant le 13 août.

Le chef de Bataillon commandant l'École,
LARRIVET

De très intéressantes expériences ont eu lieu, dernièrement, au théâtre des Nations.

Il s'agissait d'essayer une application de l'électricité à la manœuvre du rideau métallique qui, en cas d'incendie, doit séparer la salle de la scène et donner le temps aux spectateurs de sortir sans bousculade du bâtiment.

Le système, imaginé par M. Larochette, est fort simple ; il consiste dans un circuit électrique, analogue à celui des sonneries, qui, une fois fermé, produit le déclanchement de l'appareil moteur du rideau.

Il suffit donc d'appuyer sur un bouton qui peut être placé en n'importe quel endroit du théâtre pour faire manœuvrer l'appareil ; en outre, toujours comme dans les sonneries, on peut disposer autant de boutons de ce genre que l'on veut, c'est-à-dire arriver à commander la descente du rideau d'un nombre quelconque de points. Enfin un avertisseur d'incendie est placé sur le circuit et remplit automatiquement le même office, dans le cas où personne ne songerait à le faire.

De plus, le courant électrique fait ouvrir en même temps les cheminées d'appel destinées à l'expulsion de la fumée, et les portes de sortie des spectateurs et des artistes.

Il paraît qu'une disposition analogue est appliquée depuis cinq ans, au théâtre d'Aix, où elle fonctionnerait d'une manière très satisfaisante.

Comme le théâtre des Nations appartient à la Ville de Paris, une délégation du Conseil municipal doit examiner le nouveau système ; ce n'est qu'après cette visite et le rapport auquel elle donnera lieu, que le système pourra être définitivement adopté.

M. Garel vient d'inventer un appareil fort simple, pour obtenir un certain nombre de copies d'une lettre ou circulaire.

L'inventeur écrit avec un crayon noir ordinaire, sur du papier très mince qui repose sur un bloc de charbon ; la mine du crayon communique avec l'une des bornes d'une petite bobine d'induction, et le bloc de charbon avec l'autre borne.

La pointe du crayon donne une série d'étincelles, et on peut utiliser le papier, pour la reproduction de l'écriture de la manière ordinaire, en passant un rouleau d'imprimerie dessus.

Le ministre du Commerce, en Autriche, vient d'accorder à une société locale, la concession pour la construction et l'exploitation d'un chemin de fer électrique à Karlsbad.

Notre confrère espagnol *La Electricidad* annonce que l'Académie des Arts et Sciences de Cadix, vient d'ouvrir un concours scientifique, pour lequel l'infante Isabelle a donné un prix qui sera décerné à l'auteur du meilleur ouvrage sur l'électricité comme force motrice pour la navigation.

La commission nommée en Angleterre, pour étudier la question des communications électriques entre les feux flottants et la côte, vient de recommander un essai de 18 mois, du système adopté pour le phare de Harwich. Le câble a déjà été installé.

Dans une conférence récente devant la Société des Arts à Boston, M. Slattery a donné la description du système de distribution, au moyen de transformateurs ou bobines d'inductions, en insistant sur ce fait, démontré par des expériences, que les règles qui gouvernent la construction des machines dynamos, sont également applicables à la construction des bobines d'induction.

En d'autres termes, la perte dans le fil de cuivre, doit être aussi faible que possible, et, comme pour le champ de la dynamo, il faut avoir bien soin de ne pas saturer le noyau, enfin le circuit magnétique doit être aussi court que possible.

Quant à la question de réglage, M. Slattery fait remarquer qu'il ne s'agit, comme pour la dynamo, que de mettre assez de métal dans l'appareil, mais ce principe ne doit pas être poussé assez loin pour rendre impossible l'application commerciale des transformateurs.

Le conférencier a montré, par des expériences, que les bobines avec trop peu de fer, ne donnaient qu'un mauvais réglage, tandis que celles ayant un grand noyau, réglaient très bien.

Des expériences de traction électrique ont eu lieu, le 30 juin dernier, à Philadelphie, dans l'usine de Wharton et C° avec le système Reckenzaun.

On avait installé 84 éléments secondaires perfectionnés, sous les sièges de la voiture, comme à l'ordinaire ; chaque élément avait une capacité de 150 ampère-heures. A Montgomery, en Alabama, la traction électrique a également été adoptée sur toutes les lignes de tramways de la ville.

Éclairage Électrique

La cour d'appel de Milan vient de confirmer le jugement du tribunal de Commerce de cette ville, dans l'affaire de la Compagnie du gaz contre la ville de Milan, qui déboutait la compagnie de sa demande et reconnaissait à la municipalité le droit d'accorder des concessions d'éclairage électrique.

Le premier essai d'éclairage électrique, dans les omnibus, a été fait à Londres, sur la ligne de Liverpool Street et la gare de Victoria, où les voitures sont éclairées avec une lampe à incandescence, alimentée par une pile primaire.

Le paquebot anglais le *Zarati* vient d'être pourvu d'une installation d'éclairage électrique comprenant une dynamo Phenix à double enroulement actionnée par une machine à vapeur de six chevaux.

Les lampes, au nombre de 100, sont à incandescence et de 16 bougies et 50 volts.

La station centrale de lumière électrique de la compagnie Thomson-Houston, à Brooklyn, alimente maintenant 1000 foyers à arc, dans différentes parties de la ville, ainsi qu'un certain nombre de lampes à incandescence et de petits moteurs, pour actionner des machines à coudre, des ventilateurs, etc.

Les dynamos sont actionnées par deux moteurs à vapeur de 300 chevaux chacun.

Télégraphie et Téléphonie

Pendant les 4 dernières années, le réseau télégraphique sous-marin du monde a été augmenté considérablement. L'année 1884 comprend à elle seule, une augmentation de 13.500 milles nautiques de câbles et de 13.800 milles de fils conducteurs.

La progression depuis 1883 tient principalement aux causes suivantes :

Création des réseaux de la côte occidentale d'Afrique.....	7723	milles nautiques
Communications nouvelles entre l'Europe et l'Amérique du Nord dans les mers des Indes et de l'Extrême Orient.....	1639	—
Dans la mer Rouge et sur la côte orientale d'Afrique.....	2646	—
Doublement des câbles transatlantiques du Sud.....	3030	—
Câbles divers, posés dans les mers du Nord de l'Europe.....	500	—
Câbles divers posés dans celles du Sud de l'Europe.....	680	—

Pendant cette période de quatre ans, cinq compagnies

d'exploitation de câbles sous-marins, ont été créées, quatre pour les réseaux de la côte occidentale d'Afrique, et une pour le service transatlantique du Nord.

La compagnie *Mediterranean Extension Telegraph* a disparu, par suite de sa fusion avec la compagnie *Eastern Telegraph*.

Le nombre des Sociétés de câbles, qui était de 23 en 1883, est donc aujourd'hui de 27, dont 18 ont leur siège à Londres, 3 à New-York, 2 à Berlin, 2 à Paris, 1 à Copenhague et 1 à Buenos-Ayres.

Plusieurs journaux ont, dernièrement, rendu compte des expériences qui ont été faites à Bruxelles, avec un nouveau aérostat lumineux, pour la télégraphie militaire.

Le ballon est de dimensions restreintes et rempli de gaz hydrogène pur, afin de lui donner une grande force ascensionnelle.

Une lampe à incandescence, placée à l'intérieur et pourvue d'un appareil de sûreté, pour éviter les explosions, communique, au moyen d'un conducteur métallique, avec une pile Jablochkoff, très puissante et très légère. Grâce à une clef de Morse, l'aéronaute peut envoyer des signaux de Morse, en produisant un courant intermittent qui donne, dans l'obscurité, des éclats lumineux plus ou moins longs, de manière à former l'alphabet télégraphique.

Des expériences analogues ont été faites en Angleterre, au camp d'Aldershot, avec un ballon renfermant six lampes à incandescence, alimentées par 25 éléments de pile.

A la fin de l'année 1885, le réseau télégraphique de l'Etat suédois s'étendait sur une longueur de 7578,3 kil. avec un développement de fils de 20 967 kilomètres, à savoir :

	Lignes kilom.	Fils kilom.
Sur les routes	5 256,2	10 048,1
— chemins de fer de l'Etat	1 670,4	6 744,1
— — — privés	1 551,1	4 027,6
Câbles	100,6	137,9
	8 578,3	20 967,7

Dans ces chiffres ne sont pas compris les câbles que la Suède possède en commun avec le Danemark et l'Allemagne et qui ont une longueur totale de 118,8 kilomètres, avec un développement de fil de 391, 7 kilomètres.

Le nombre total des dérangements et interruptions qui ont eu lieu dans le courant de l'année 1885, s'est élevé au chiffre de 1719, qui se répartit ainsi suivant leur nature :

Chutes de poteaux	650
Rupture des fils conducteurs	316
Dérivations	155
Mélanges	598

Le nombre des bureaux télégraphiques de la Suède était en 1885 de 189 bureaux de l'État et 704 bureaux des chemins de fer, soit un total de 893.

Les journaux de Chicago annoncent que M. Elisha Gray s'occupe actuellement de perfectionner une nouvelle invention qui promet de donner des résultats importants.

Le nouvel appareil auquel l'inventeur a donné le nom de télautographe permettra de reproduire télégraphiquement, par exemple, un ordre de bourse dans l'écriture même de l'expéditeur.

Le principal organe de l'instrument est la plaque sur laquelle on écrit.

On n'a pas besoin d'une plume ou d'un crayon spécial, on peut se servir d'un instrument pointu quelconque, ou même d'un morceau de bois. Le papier sur lequel on écrit ne subit aucune préparation, car c'est la pression sur la plaque, à la station de transmission, qui fait fonctionner la machine, tandis que la reproduction s'effectue au moyen d'un point mobile, qui peut être une plume avec de l'encre, ou bien un simple crayon. M. Gray a fait un grand nombre d'expériences avec sa machine, dans son laboratoire, qui ont donné des résultats très satisfaisants.

Il résulte des renseignements émanant du Département des communications de l'Empire du Japon que, par décret impérial du 10 mars 1887, les deux administrations des postes et des télégraphes ont été fusionnées, sous la haute direction du Ministre des communications, et que les bureaux suivants ont été créés dans ce département.

1° Le Nai-shin-Kyoku, ou Direction des correspondances à l'intérieur (postes et télégraphes) ;

2° Le Guai-sin-Kyoku, ou Direction des correspondances internationales et à l'étranger (postes et télégraphes) ;

3° Le Komu-Kyoku, ou Direction technique ;

4° Le Kawasé-Chôkin-Kyoku, ou Direction des mandats-poste et de la caisse d'épargne.

Dans sa séance du 19 Juillet dernier, le Conseil municipal de Paris est revenu sur le vote par lequel il avait

décidé de faire installer le téléphone, aux frais des contribuables, chez tous les membres du Conseil.

A l'occasion de la dernière réunion de la société d'électricité de Berlin, le professeur Karsten a décrit sa sirène téléphonique, dont nous avons déjà dit un mot.

Cet instrument se compose d'un disque qui porte des petits barreaux aimantés en acier. Ce disque tourne par un mouvement d'horlogerie et le pôle d'un téléphone Bell ordinaire, sans diaphragme, est présenté au bord du disque.

Le passage rapide des pôles magnétiques fait naître des courants induits dans le téléphone, ce qui produit un son musical dans un récepteur téléphonique relié à la sirène.

Si tous les aimants présentent la même polarité au dehors, le nombre des ondes complètes pendant un tour du disque est égal au nombre des aimants ; mais si la polarité des aimants est alternée, le nombre des ondes complètes est la moitié de celui des aimants, seulement les ondes sont plus fortes.

Dans ce cas, le son qu'on entend dans le récepteur est à un octave plus bas que dans le premier cas.

On peut aussi faire d'autres combinaisons ; si, par exemple, les pôles sont placés dans l'ordre suivant : NN,S, NN,S, etc., alors, le son est à une quinte du premier. M. Karsten a constaté que cette combinaison donne des sons très facilement distingués par l'oreille humaine, et il la recommande quand on désire employer l'appareil, pour mesurer des résistances au moyen d'un téléphone au lieu d'un galvanomètre, dans des essais avec un pont.

En combinant la sirène avec un anémomètre, on peut déterminer la force du vent d'après le son produit dans le récepteur.

Les négociations entre les Gouvernements belge et allemand, ont abouti à une convention, suivant laquelle une ligne téléphonique sera établie entre Verviers et Aix-la-Chapelle.

Le tarif sera de 1,25 fr. par cinq minutes d'entretien pour les premiers kilomètres de distance et de 2,50 pour toute la longueur de la ligne.

Si cet essai donne tous les résultats qu'on en espère, d'autres lignes seront construites dans un avenir prochain.

Le réseau téléphonique de la ville de Luxembourg, qui n'a été ouvert que le 1er octobre 1885, comptait déjà, à la fin de l'année dernière, 209 abonnés.

Le nombre total des communications établies par le bureau central en 1886, s'est élevé à 119.954, ce qui donne une moyenne de trois communicatisns par jour et par abonné.

Les recettes ont été de 12,666.50 fr. pour les abonnements et de 207,85 fr. pour le service des cabines publiques.

L'exploitation des lignes téléphoniques dans le grand duché de Luxembourg, vient d'être réglementé par un arrêté royal, grand-ducal, qui fixe le prix de l'abonnement à 80 francs par an, dans les limites de la localité où se trouve le bureau central.

C'est le prix de l'abonnement le moins élevé qui existe actuellement, en dehors de celui de quelques sociétés coopératives en Suède et Norvège.

Des conditions spéciales sont faites aux hôtels, cafés, sociétés de réunions, dont les clients peuvent utiliser le téléphone.

Pour ces établissements, le nombre annuel des communications auxquelles donne droit l'abonnement est limité à 2000. Au delà de ce nombre, toute communication doit être payée à raison de 35 centimes, mais cette taxe supplémentaire peut être récupérée par l'abonné sur la personne qui l'aura occasionnée.

Le concessisnnaire du réseau téléphonique de Ségovie (Espagne) vient de publier le tarif suivant :

	Abonnement annuel
Pour chaque particulier, à l'intérieur du rayon municipal de Ségovie.....	fr. 85
Pour chaque poste dans les casinos, cercles de récréation, théâtres, stations de chemins de fer.....	fr. 250
Pour chaque poste dans les hôtels, cafés, bureaux publics ou particuliers et communautés.....	fr. 170
(Les bureaux qui dépendent de l'État de la Province ou de la Municipalité jouiront, aux termes de la Convention d'un rabais de 40 o/o).	
Par 100 mètres ou fraction de 100 mètres de ligne au delà du rayon municipal.....	fr. 4

L'emploi des téléphones à la station centrale ou dans les succursales par des personnes non abonnées, est taxé à raison de 30 centimes pour 3 minutes ou fraction de 3 minutes de conversation.

Le reçu d'une conversation téléphonique délivré sur la demande de la personne qui parle, est taxé à raison de 10 centimes.

La concession de Ségovie s'étend sur un rayon de 10 kilomètres.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 6 AOUT 1887 N° 32

SOMMAIRE. — Sur le coefficient de self-induction de deux bobines réunies en quantité ; P.-H. Ledeboer. — La télégraphie sous-marine ; E. Wunschendorff.— Sur la téléphonie à grande distance ; Vaschy. — Sur le rôle de l'électricité dans la cristallisation ; C. Decharme . — Les symboles graphiques et les descriptions des appareils électriques ; J. Munro. — Le régulateur Menges ; E. Meylan. — Revue des travaux récents en électricité : Sur la nature des phénomènes électrocapillaires, par M. Vaschy. — Note sur l'altération qu'éprouve le charbon de cornue lorsqu'il sert d'électrode positive dans la décomposition des acides, par MM. Debray et Péchard. — Quelques données sur les machines dynamos. — Enregistreur udiométrique Genglaire. — Lampe portative Friedlaender. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Autriche; J. Kareis. — États-Unis ; J. Wetzler. — Bibliographie : Guide du monteur pour les installations d'éclairage électrique, par M. v. Gaisberg ; B. Marinovitch. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettre de M. Cabanellas. — Faits divers.

SUR LE

COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION

DE

DEUX BOBINES RÉUNIES EN QUANTITÉ [1]

Lorsqu'on groupe en quantité deux bobines de résistance R_1 et R_2, on constitue un ensemble qu'on peut remplacer au point de vue de la résistance électrique, par une bobine unique de résistance

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Qu'arrive t-il au point de vue de la self-induction de ces bobines ? Peut-on également remplacer les deux bobines dont nous représenterons les coefficients de self-induction, par L_1 et L_2, par une bobine unique, ayant un coefficient de self-induction déterminé et fonction des constantes des deux bobines ?

Ce problème a une importance capitale au point de vue de la théorie de certains instruments servant à la mesure des courants alternatifs. Dans les watt-mètres, pour courant alternatif, par exemple, les deux bobines sont montées en dérivation, ou plus exactement, une bobine à fil fin est montée en dérivation par rapport à la bobine de gros fil.

Ceci a lieu également pour le nouvel électrodynamomètre construit par M. Carpentier, et dont le dernier numéro de ce journal contient la description.

Il est donc nécessaire de savoir comment interviennent les coefficients de self-induction des deux bobines partielles.

Toutefois, nous nous occuperons spécialement dans cet article, d'une solution particulière du problème, en nous réservant de revenir plus tard sur le problème général.

Nous supposons dans ce qui va suivre, que les coefficients de self-induction des bobines que nous considérons soient constants ; c'est le cas ordinaire qui se présente dans la pratique.

Considérons le cas d'un circuit contenant en E (fig. 1) une force électromotrice variable avec le temps t, et supposons qu'il y ait entre A et B deux bobines ayant respectivement pour coefficient de self-induction et pour résistances les valeurs L_1, R_1 et L_2, R_2 : nous admettrons, en outre, que la résistance totale AEB soit égale à r et que dans

[1] Ce travail a été fait, au laboratoire des recherches (physique) de la Sorbonne, en collaboration avec M. G. Maneuvrier.

cette portion du circuit, il n'y ait pas de self-induction.

Les équations de Kirchoff donnent :

$$I = I_1 + I_2$$

$$R_1 I_1 + L_1 \frac{d I_1}{d t} = R_2 I_2 + L_2 \frac{d I_2}{d t}$$

$$I r + I_1 R_1 + L_1 \frac{d I_1}{d t} = E$$

On a en outre

$$\frac{d I}{d t} = \frac{d I_1}{d t} + \frac{d I_2}{d t}$$

On déduit de ces équations, l'expression suivante :

$$L_1 L_2 \frac{d I}{d t} + [R_2 L_1 + r (L_1 + L_2)] I + (R_1 L_2 - R_2 L_1) I_2 = (L_1 + L_2) E$$

Supposons d'abord que les deux bobines soient telles qu'on ait la relation :

$$R_1 L_2 - R_2 L_1 = 0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}$$

Dans ce cas particulier, l'équation précédente se réduit à

$$\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \frac{d I}{d t} + \left[\frac{R_2 L_1}{L_1 + L_2} + r\right] I = E$$

Si dans le circuit que nous avons considéré, on remplace les deux bobines réunies en quantité, par une bobine unique de résistance R et de coefficient de self-induction L, on aurait l'équation

$$L \frac{d I}{d t} + (R + r) I = E$$

En identifiant les coefficients de dI/dt et de I on trouve

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \qquad R = R_2 \frac{L_1}{L_1 + L_2} = R_1 \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

Mais comme on a la relation

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}$$

l'expression précédente de R se réduit à

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Ainsi dans le cas tout particulier, où le rapport du coefficient de self-induction à la résistance est le même pour les deux bobines, on peut les remplacer par une bobine unique, ayant une résistance et un coefficient de self-induction, donnés par les expressions

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \qquad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Nous avons supposé bien entendu, qu'il n'existe pas d'induction mutuelle entre les deux bobines.

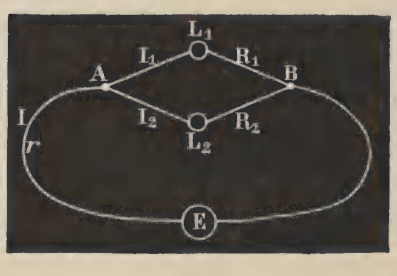


Fig. 1

Dans le cas général où il n'existe pas de relations particulières entre les constantes des deux bobines, le problème n'admet plus de solution simple. On arrive par l'élimination de I_1 et I_2 entre les équations fondamentales, à l'équation différentielle suivante, du second ordre en I :

$$L_1 L_2 \frac{d^2 I}{d t^2} + \left[R_1 L_2 + R_2 L_1 + r (L_1 + L_2)\right] \frac{d I}{d t} + \left[R_1 R_2 + r (R_1 + R_2)\right] I = (R_1 + R_2) E + (L_1 + L_2) \frac{d E}{d t}$$

Lorsque, au lieu de deux bobines $L_1 R_1$ et $L_2 R_2$ réunies en quantité, on a une bobine unique L R, on est conduit à l'équation différentielle du premier degré que nous avons établie plus haut ; on peut tirer les valeurs de E et de $d E/d t$ de cette équation et substituer ces valeurs dans l'équation précédente. On trouve alors, en égalant à zéro les coefficients de $d^2 I/d t^2$ et de $d I/d t$, condition

qui exprime que les deux équations sont identiques, les trois conditions :

$$L_1 L_2 + L(L_1 + L_2) = o$$
$$R_1 L_2 + R_2 L_1 - (R_1 + R_2) L - (L_1 + L_2) R = o$$
$$R_1 R_2 + R(R_1 + R_2) = o$$

Pour déterminer les deux quantités L et R, on a donc trois relations dont la dernière est la formule de la résistance réduite. Ceci montre, qu'en général, le problème n'est pas possible et qu'on ne peut pas remplacer les deux bobines par une bobine unique. La condition de possibilité du problème, c'est que ces trois équations soient

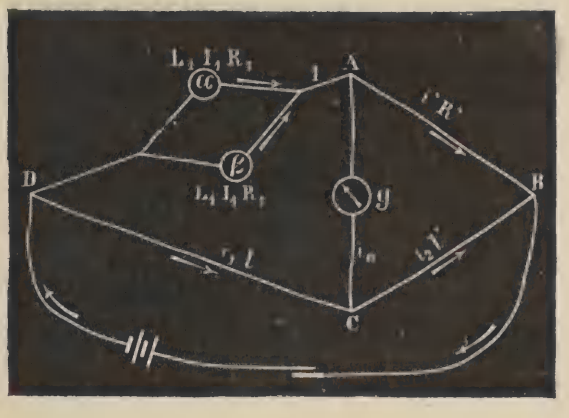


Fig. 2

compatibles. En substituant les valeurs de L et de R tirées de la première et de la troisième relation dans la seconde, on retrouve justement la condition $L_1/R_1 = L_2/R_2$. On voit donc que cette condition définit le seul cas où une bobine unique est équivalente au point de vue de la résistance et de la self-induction, et peut être substituée à l'ensemble de deux bobines réunies en quantité.

Toutefois, on rencontre dans les mesures électriques un cas particulier où il paraît exister une solution particulière du problème, indépendante de la condition précédente.

Voici ce cas particulier.

On mesure à l'aide du pont de Wheatstone par l'extra-courant de rupture le coefficient de self-induction, de deux bobines réunies en quantité, et on demande, si l'on peut calculer d'avance le résultat obtenu, en connaissant le coefficient de self-induction et la résistance de chaque bobine.

Soient α et β les deux bobines dont les résistances et les coefficients de self-induction sont R_1, L_1 et R_2, L_2. Les résistances des autres branches sont R', l et l'.

Lorsque l'équilibre permanent est obtenu on aura la relation

$$\frac{R_1 R_2}{R'(R_1 + R_2)} = \frac{l}{l'}$$

Les équations de Kirchoff fournissent les relations suivantes :

$$I = I_1 + I_2 = i' - i_o$$
$$i_2 = i_1 - i_o$$
$$R' i' - l' i_2 - l i_1 + R_1 I_1 = -L_1 \frac{d I_1}{dt}$$
$$R_1 I_1 - g i_o - l i_1 = -L_1 \frac{d I_1}{dt}$$
$$R_1 I_1 + L_1 \frac{d I_1}{dt} = R_2 I_2 + L_2 \frac{d I_2}{dt}$$

I, I_1, i', étant les intensités des courants dans les branches indiquées sur la figure 2 et g la résistance du galvanomètre.

Il faut chercher une relation entre l'intensité I du courant total dans la branche D A et l'intensité i_0 du courant qui traverse le galvanomètre au temps t ; il suffit pour cela d'éliminer toutes les autres intensités dans les équations précédentes.

En éliminant d'abord i' et i_2 on trouve

$$(R' + R_1) I_1 + R' I_2 + (R + l') i_o - (l + l') i_1 = -L \frac{d I_1}{dt}$$
$$R_1 I_1 \qquad - g i_o \qquad - l i_1 = -L_1 \frac{d I_1}{dt}$$

L'élimination de i_1, entre ces deux équations, donne

$$(R' l - R_1 l') I_1 + R' l I_2 + [(R' + l') l + g(l + l')] i$$
$$= L_1 l' \frac{d I_1}{dt}$$

si l'on pose, pour simplifier :

$$\rho = (R' + l') \frac{l}{l'} + g \left(1 + \frac{l}{l}\right)$$

l'équation précédente se réduit à

$$\left(R' \frac{l}{l'} - R_1\right) I_1 + R' \frac{l}{l'} I_2 + \rho i_o = L_1 \frac{d I_1}{d t}$$

En introduisant I au lieu de I_2, il vient

$$R' \frac{l}{l'} I - R_1 I_1 + \rho i_o = L_1 \frac{d I_1}{d t}$$

si l'on joint à cette équation, la deuxième relation qui existe entre I et I_1, savoir :

$$(R_1 + R_2) I_1 - R_2 I + (L_1 + L_2) \frac{d I_1}{d t} - L_2 \frac{d I}{d t} = o$$

on a les deux équations entre lesquelles, il suffit d'éliminer I_1 et $d I_1/d t$ pour obtenir la relation cherchée.

En éliminant d'abord $d I_1/d t$ puis I_1, on trouve les deux équations

$$L_1 L_2 \frac{d I}{d t} - \left[R' \frac{l}{l'} (L_1 + L_2) - R_2 L_1\right] I - (L_1 + L_2) \rho i_o$$
$$- (R_2 L_1 - R_1 L_2) I_1 = o$$

$$R_1 L_2 \frac{d I}{d t} - \left[R' \frac{l}{l'} (R_1 + R_2) - R_1 R_2\right] I - (R_1 + R_2) \rho i_o$$
$$+ (R_2 L_1 - R_1 L_2) \frac{d I_1}{d t} = o$$

Il suffit maintenant de les ajouter membre à membre après avoir dérivé la première par rapport à t. On trouve ainsi

$$L_1 L_2 \frac{d^2 I}{d t^2} + \left[R_1 L_2 + R_2 L_1 - R' \frac{l}{l'} (L_1 + L_2)\right] \frac{d I}{d t}$$
$$+ \left[R_1 R_2 - R' \frac{l}{l'} (R_1 + R_2)\right] I$$
$$- (L_1 + L_2) \rho \frac{d i_o}{d t} - (R_1 + R_2) \rho i_o = o$$

Le coefficient de I est nul en vertu de l'équilibre du pont. L'équation précédente devient donc, après avoir opéré quelques réductions sur le coefficient de $d I/d t$

$$L_1 L_2 \frac{d^2 I}{d t^2} + \frac{R^2_2 L_1 + R^2_1 L_2}{R_1 + R_2} \frac{d I}{d t} - (L_1 + L_2) \rho \frac{d i_o}{d t}$$
$$- (R_1 + R_2) \rho i_o = o$$

Pour appliquer cette équation au cas qui nous occupe, il suffit de considérer l'intégrale prise entre un espace de temps comprenant la période variable.

L'intégrale du premier terme est

$$\int \frac{d^2 I}{d t^2} d t = \frac{d I}{d t}$$

c'est ce qu'on peut appeler la *vitesse de variation* du courant total dans la branche D A.

Or, *si l'on suppose* que cette vitesse reprenne la même valeur au commencement et à la fin de la période t', ce terme disparaîtra à l'intégration

L'expérience prouve d'ailleurs que les impulsions de l'aiguille du galvanomètre sont égales et de signes contraires pour l'établissement et pour la rupture du courant.

Quand à l'intégrale du second terme, on a, en faisant abstraction du signe

$$\int_o^{t'} \frac{d I}{d t} d t = \int_I^o d I = I$$

car le courant est I au temps o, et o au temps t'

L'intégrale du troisième terme est également nulle, car on a

$$\int_o^{t'} \frac{d i_o}{d t} d t = \int_o^{t'} d i_o$$

et le courant permanent qui traverse le galvanomètre est nul au temps o et au temps t'.

Quant à l'intégrale du dernier terme, on a

$$\int i_o d t = q$$

q étant la quantité totale d'électricité qui traverse le galvanomètre pendant la période variable.

On trouve donc la relation suivante :

$$\frac{R_2^2 L_1 + R_1^2 L_2}{(R_1 + R_2)^2} I = \rho q$$

avec

$$\rho = (R' + l') \frac{l}{l'} + g \left(1 + \frac{l}{l'}\right)$$

Remplaçons maintenant les deux bobines α et β par une bobine unique, ayant pour coefficient de

self-induction, la valeur L, et pour résistance, la résistance

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

On trouvera dans ce cas, l'équation

$$L I = \rho q$$

ρ ayant la même signification que dans le cas précédent.

On voit donc qu'on pourrait dans les conditions où nous nous sommes placés, remplacer les deux bobines α et β, dont les constantes sont L_1 R_1 et L_2 R_2, par une bobine unique ayant pour constantes

$$L = \frac{R_2^2 L_1 + R_1^2 L_2}{(R_1 + R_2)^2} \text{ (1)} \qquad \text{et} \qquad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

La première expression peut être mise sous la forme

$$L = L_1 \frac{R^2}{R_1^2} + L_2 \frac{R^2}{R_2^2}$$

Ainsi dans ce cas tout particulier et avec l'hypothèse que nous avons faite, on peut calculer d'avance, quel sera le coefficient de self-induction du système des deux bobines, et, pour voir jusqu'à quel point les expériences sont d'accord avec ce calcul, nous avons entrepris une série de mesures dont nous allons nous occuper maintenant.

Remarquons encore en passant que dans le cas où l'on a

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}$$

l'expression précédente de L se réduit à

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

ce qui est d'accord avec ce que nous avons trouvé précédemment.

Comme première vérification de la formule trouvée plus haut, nous avons mesuré le coefficient de self-induction d'un électrodynamomètre dont le fil fin est en dérivation sur le gros fil (nous nous occuperons prochainement de cet appareil).

Voici les résultats de ces expériences :

	10^9 c. m.	ohms
Bobine gros fil.....	$L_1 = 0{,}000051$	$R_1 = 0{,}094$
Bobine fil fin.....	$L_2 = 0{,}000150$	$R_2 = 1{,}00$

La résistance réduite des deux bobines est, d'après la formule R = 0,0855 : l'expérience a donné

$$R = 0{,}085 \text{ ohm}$$

Le coefficient de self-induction du système des deux bobines est, en appliquant la formule

$$L = L_1 \frac{R^2}{R_1^2} + L_2 \frac{R^2}{R_2^2}$$

$$L = 0{,}000051 \times \left(\frac{0{,}085}{0{,}094}\right)^2 + 0{,}00015 \times \left(\frac{0{,}085}{1}\right)^2$$

$$= 0{,}0000417 + 0{,}0000011 = 0{,}0000428$$

L'expérience directe a donné le nombre

$$L = 0{,}0000439$$

La différence de ces deux nombres, environ 1/40, est de l'ordre de grandeur des erreurs des expériences.

Nous avons poursuivi nos vérifications, en nous plaçant encore dans d'autres cas particuliers.

Ainsi, nous avons pris d'abord deux bobines

Fig. 3

identiques, et nous les avons réunies en quantité, après avoir ajouté à l'une des bobines, une résistance additionnelle *r*, cette résistance étant sans self-induction (fig. 3).

On a donc

$$L_2 = L_1 \qquad \text{et} \qquad R_2 = R_1 + r$$

En substituant ces valeurs dans l'équation

$$L = \frac{R_1^2 L_2 + R_2^2 L_1}{(R_1 + R_2)^2}$$

(1) On peut faire remarquer que c'est la valeur qu'on obtient en prenant les deux dernières équations des trois équations de condition de la page 253.

on trouve

$$L = L_1 \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{r^2}{2 R_1 (R_1 + r)}}}$$

On trouve en particulier

$$r = R_1 \qquad L = L_1 \times \frac{5}{9} \qquad R = \frac{2}{3} R_1$$

Les deux bobines avaient des résistances d'environ 0,222 ohms, la valeur du coefficient de self-induction étant $0{,}00102 \times 10^9$ cm.

On doit avoir ainsi

$$L = \frac{5}{9} L_1 = 0{,}00056$$

l'expérience directe a donné

$$L = 0{,}00054$$

Ensuite, nous avons mis en dérivation, sur

Fig. 4

l'une des bobines précédemment employée, une résistance sans self-induction ; on a alors $L_2 = 0$ (fig. 4) et la formule devient

$$L = L_1 \frac{1}{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)^2}$$

On trouve ainsi,

$$R_2 = R_1 \qquad L = L_1 \times \frac{1}{4} \qquad R + \frac{1}{2} R_1$$

$$R_2 = 2 R_1 \qquad L = L_1 \times \frac{9}{4} \qquad R = \frac{2}{3} R_1$$

Voici le résultat des expériences effectuées :

	L observé	L calculé
$R_2 = R_1$	0,000227	0,000236
$R_2 = 2 R_1$	449	453

Voici enfin d'autres résultats numériques qui se rapprochent à la fois des deux cas particuliers que nous venons d'examiner :

		L observé	L calculé
$L_1 = 0{,}0359$	$R_1 = 4{,}78$	0,019	0,020
$L_2 = 0{,}0360$	$R_2 = 2{,}37$		
$L_1 = 0{,}0359$	$R_1 = 2{,}39$	0,0088	0,0090
$L_2 = 0$	$R_2 = 2{,}39$		

Comme on le voit, les écarts entre les nombres fournis par l'expérience directe et les valeurs déduites du calcul, ne dépassent pas la limite des erreurs des expériences.

Il semble donc que l'on obtienne une solution approchée du problème, en prenant les deux dernières équations des relations de condition, du moins pour le cas de l'établissement ou de la rupture de courant, et nous verrons dans un prochain article ce qui arrive lorsque, au lieu de se placer dans des conditions particulières, on se met dans le cas général d'une force électromotrice variable produisant des courants alternatifs.

P.-H. Ledeboer

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

2° Enveloppe isolante

La gutta-percha et le caoutchouc, avec quelques produits dont ces substances forment la base essentielle, sont les seules matières qui ont été employées jusqu'à ce jour pour former l'enveloppe isolante des câbles sous-marins.

---

[1] Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* à partir du 2 juillet 1887.

A. — GUTTA-PERCHA

a. — Production

La gutta-percha est un suc laiteux, solidifié, qui s'écoule de certains arbres appartenant à la famille des Sapotacées lorsqu'on incise leurécorce. Les premiers échantillons de gutta, introduits en Europe, furent présentés à la *Société royale asiatique* par José d'Almeida, au mois d'avril 1843 [1] : ils comprenaient une cravache de cheval et quelques morceaux de cette substance à l'état brut. Le docteur Montgomery, au cours d'un voyage dans l'extrême Orient, avait, de son côté, remarqué la nature particulière des manches d'outils dont se servaient les naturels des îles de la Sonde et avait été frappé de la facilité avec laquelle ceux-ci les obtenaient : la matière, plongée dans l'eau chaude, se ramollissait, devenait assez plastique pour prendre, par le moulage, toutes espèces de formes, et durcissait, de nouveau, par le refroidissement. Le docteur Montgomery en rapporta quelques spécimens qu'il montra à la *Société des Arts* de Londres, vers la fin de la même année 1843.

Le nouveau produit attira immédiatement l'attention de Charles Hancock qui possédait une manufacture importante de caoutchouc; il lui appliqua les procédés d'épuration de cette substance et chercha à l'utiliser dans l'industrie. Mais, c'est au docteur Werner Siemens que revient l'honneur d'avoir trouvé le moyen pratique de recouvrir de gutta les fils métalliques et d'en avoir fait la première grande application en télégraphie, lors de la construction du réseau télégraphique souterrain en Prusse, en 1846.

En 1848, un voyageur anglais trouva, dans l'île de Singapore, l'arbre qui produisait la gutta-percha : il en envoya des branches portant des feuilles et des fleurs à Sir William J. Hooker, qui décrivit la plante et lui donna le nom d'*Isonandra gutta*.

La consommation toujours croissante de la Gutta-percha ayant rendu rapidement insuffisante la production de l'île de Singapore, on dut rechercher les guttifères dans les autres îles de l'archipel de la Sonde. On trouva à Sumatra, dans la partie septentrionale de l'île de Bornéo, et dans la presqu'île de Malacca, des arbres très voisins de l'*Isonandra gutta Hookerii* et qui, par l'incision de leur écorce, laissent échapper un suc laiteux plus ou moins semblable à la gutta de Singapore. Tous ces produits se répandirent rapidement dans le commerce, mais par suite de la grande variété des espèces, d'apparences souvent très semblables, et de la diversité des idiômes des indigènes, des gommes, très différentes au point de vue de leurs propriétés électriques, parurent sous le même nom dans les marchés ; inversement, les mêmes arbres étaient désignés par des noms différents dans diverses localités et quelquefois dans la même forêt. Les mélanges opérés par les naturels de ces pays, entre des produits de qualités différentes, sont encore venus augmenter la confusion, et il n'est pas rare de constater que deux guttas, portant le même nom et provenant de la même localité, sont de qualités absolument différentes. La classification botanique des guttifères n'a d'ailleurs jamais pu être faite avec précision par suite de la difficulté que l'on éprouve à s'en procurer des spécimens complets dans toutes leurs parties : il y a peu d'années encore, il n'existait pas en Europe un seul herbier possédant un échantillon botanique complet des producteurs de la gutta-percha. Ces arbres ne fleurissent tout au plus qu'une fois par an, sans porter à la fois leurs fleurs et leurs fruits, et par suite de la hauteur considérable des arbres et de la petitesse de leurs produits, l'œil ne peut, d'en bas, en constater la présence que très difficilement. Les arbres à gutta n'entrent d'ailleurs en floraison qu'après être arrivés à une croissance complète, à un âge conséquemment assez avancé (30 ans environ). Or, l'exploitation en a été faite avec un tel vandalisme qu'il est très rare aujourd'hui d'en trouver, dans les forêts, un sujet adulte, et les chercheurs de Sumatra eux-mêmes ne connaissent ni les fleurs ni les graines de ces arbres.

Les travaux de MM. les Drs Beauvisage et W. Burck et un voyage d'exploration de ce dernier sur les plateaux de Padang, dans l'île de Sumatra, permettent cependant de distinguer aujourd'hui assez nettement dix à douze espèces d'arbres à gutta-percha dont quelques-unes fournissent un suc excellent. Ces espèces sont [1] en les classant d'après la qualité de leurs produits :

---

[1] *Journal of the Society af Arts*, 1880, Thomas Bolas, Cantor lectures.

[1] Rapport du Dr W. Burck, directeur adjoint du Jardin botanique de Buitenzorg sur son exploration dans les

En premier lieu, le *Palaquium oblongifolium* appelé par les indigènes :

njatoeh balam Tembaga
njatoeh balam Sirah
njatoeh balam Merah
njatoeh balam doerian
etc.

(le nom de *njatoeh balam* ou celui même simplement de *njatoeh*, désigne en général l'arbre au suc laiteux, sans indiquer une espèce déterminée, de même que le suc laiteux figé est appelé *getah balam* ou simplement *getah* (1). Le *njatoeh balam Tembaga* se trouve à Sumatra, Bornéo et Malacca, dans les forêts vierges toujours humides où le sol est riche en humus et sur des terrains en pente; il atteint 20 à 22 mètres de hauteur et est caractérisé par ses feuilles, à forme régulièrement oblongue, terminées au sommet en une longue pointe aigue et dont les plus grandes ont jusqu'à 22 centimètres de longueur sur 75 millimètres de largeur (fig. 51).

Le *njatoeh balam Tembaga* fournit la meilleure de toutes les sortes de guttas-perchas : c'est elle qui est connue dans le commerce sous les noms de *Gutta-merah*, *Gutta taban*, *Gutta-taban-merah*, *Gutta-derrian*. Le suc, d'un blanc laiteux, comme dans toutes les sortes de guttas lorsqu'il coule de l'arbre, prend une couleur brune due au mélange des parties corticales et ligneuses qui, par la cuisson et l'épuration de la gutta, communiquent leur matière tinctoriale au suc figé. La *Gutta taban* ou *derrian* bien purifiée, est très élastique et peut se plier facilement sans se rompre ; plongée dans l'eau chaude, elle se pétrit, prend toutes les formes sans devenir gluante, et reprend, en se refroidissant, sa solidité ordinaire (2).

2° Le *Payena Leerii* ou *njatoeh balam bringin* appelé aussi *njatoeh balam Soendai*, *njatoeh balam pipit*, *Kœlan*, *balam tandoek*, etc., se trouve à Sumatra, Banka, Malacca et peut-être à Riouw. Il porte des feuilles alternes ovales, à base aigüe (fig. 52) et des fleurs blanches; dans tous ses tissus on trouve une matière qui noircit par les alcalis. Il atteint des hauteurs de 30 mètres et arrive à l'état adulte plus rapidement que l'espèce précédente. La gutta qu'il donne, *gutta balam bringin*, ou *gueutta seundek* ou *balam pipit* ou *kœlan* est la seconde comme qualité. Le suc laiteux est très liquide et peut être recueilli sans mélange de parcelles d'écorce ; la gutta solidifiée et purifiée, est conséquemment plus blanche que la gutta-taban. La gueutta seundek est compacte, plastique lorsqu'elle est ramollie, et reprend, en se refroidissant, sa solidité première; mais elle est moins homogène que la précédente et se convertit facilement en fibres et filaments.

3° Le *Palaquium gutta*, ancien *isonandra gutta Hookerii* de Singapore, qui avait été regarde comme l'arbre à gutta par excellence, ne se rencontre plus, l'exploitation effrénée à laquelle les indigènes se sont livrés pendant plusieurs années en ayant fait disparaître entièrement l'espèce, depuis longtemps, des forêts de cette île. Deux échantillons toutefois en avaient été transportés, il y a une trentaine d'années, de Singapore au jardin botanique de Buitenzorg (Java) et ont fourni récemment des graines.

4° Le *Palaquium borneense* de Pontianak, dont les produits se rapprochent de ceux du *Palaquium oblongifolium* et du *Palaquium gutta*.

5° Le *Palaquium Treubii*, de Bangka, qui a plus de rapport avec le *Payena Leerii*.

Les autres guttifères dont les caractères sont suffisamment déterminés, tels que le *Njatoeh balam tembaga de Soepayang* et le *Njatoeh balam doerian de Soepayang*, ne produisent que des guttas de qualités inférieures, gluantes lorsqu'elles sont échauffées et se laissant entamer avec l'ongle, lorsqu'elles sont refroidies.

Les arbres à guttas ne se trouvent plus aujourd'hui que dans les parties les plus épaisses des forêts vierges où les chercheurs de guttas savent les découvrir avec une adresse merveilleuse. Ils

---

Padangsche Bovenlanden, à la recherche des espèces d'arbres qui produisent la Gutta-percha. Publié à Saïgon, 1885.

(1) Le mot *Percha* vient du nom de *Poulo-Pertja* par lequel les indigènes désignent l'île de Sumatra.

(2) La *Gutta-batou* signalée par M. Seligmann-Lui, à la suite de son voyage dans l'archipel indien, en 1882, paraît provenir du *Palaquium calophyllum Pierre* (Bornéo), variété de l'espèce *Palaquium oblongifolium*. Cette gutta, de couleur plus claire et plus rouge que la gutta-taban qui, seule, lui est supérieure, est un peu plus rigide que celle-ci et a un tissu moins fin.

en déterminent l'espèce à la couleur du tronc, à l'épaisseur de l'écorce, au plus ou moins de dureté du bois ; au besoin ils en font couler, à l'aide d'une incision pratiquée dans l'écorce, le suc laiteux dont ils apprécient la qualité entre leurs doigts. Si les résultats de cet examen paraissent satisfaisants, l'arbre est abattu à coups de hache et dépouillé quelquefois de sa cîme pour empêcher le suc de se répandre dans les branches et les feuilles : des incisions demi-circulaires sont pratiquées ensuite à la hachette dans l'écorce, sur la moitié supérieure de l'arbre, depuis sa base jusqu'à sa cîme, à des intervalles de 30 à 50 centimètres. Faute de bras, l'arbre ne peut être retourné

Fig. 51 et 52

et toute la partie inférieure touchant la terre, reste intacte et se trouve perdue. Le suc laiteux s'écoule par ces rainures et, suivant les espèces, (le Njatoeh balam bringin, par exemple) s'y fige immédiatement, ou s'écoule et tombe dans de grandes feuilles de bananiers que l'on dispose à terre pour le recevoir. L'insouciance des indigènes est encore telle qu'ils ne mettent généralement ces feuilles en place que lorsque tout le travail de décortication est terminé, perdant ainsi tout le suc qui s'écoule de l'arbre pendant ce temps. L'écoulement dure généralement plusieurs jours, pendant lesquels le suc laiteux est sali par de la terre, des feuilles sèches, des insectes et des débris de toutes sortes qui y tombent.

A chaque visite à un arbre en exploitation, le suc qui ne s'est pas naturellement figé, est agité avec une baguette, puis pétri à la main, de ma-

nière à former une petite masse solide. Tous les produits récoltés dans la journée, et provenant ou non des mêmes espèces d'arbres, sont nettoyés grossièrement et jetés dans une bassine remplie d'eau chaude. La gutta devenue molle est étendue sur une planche de bois dur, bien pétrie de manière à assurer le mélange intime des parties de qualités différentes, et réduite en une feuille aussi mince que possible ; dans cet état, on la débarrasse soit à la main, soit par un lavage à l'eau froide, des matières ligneuses qui sont éparses à sa surface. La gutta épurée deux fois comme nous venons de l'indiquer, acquiert une plus grande valeur marchande et forme ce qu'on appelle la gutta n° 1. Pendant qu'elle est encore plastique, on la débite en morceaux de formes et de grandeurs variables, et c'est dans cet état qu'elle est portée sur les places d'échanges.

Durant sa cuisson, la gutta qui, au moment où elle s'échappe de l'arbre, est toujours blanche, prend une teinte brune ou violacée plus ou moins foncée, due à la matière tinctoriale qui est contenue dans les parcelles ligneuses avec lesquelles le suc est mélangé.

La quantité de gutta fournie par un njatoeh balam dépend de la nature de cet arbre et de son âge. On peut évaluer à un *Katti* (1) le poids de suc laiteux bien épuré, que peut donner un njatoeh balam tembaga adulte, c'est-à-dire âgé de 25 à 30 ans, et ayant 1,25 mètre de circonférence à la base, et à 2/5 de Katti le poids de suc que l'on peut obtenir d'un arbre de la même espèce ayant 60 centimètres de circonférence, à hauteur d'homme. L'île de Bornéo ayant livré au commerce, en 1881, environ 21 000 piculs de gutta, le Dr W. Burck estime à 5 250 000 le nombre des arbres qui ont dû y être abattus. En tenant compte des dégâts que leur chûte occasionne dans des forêts où la végétation est très touffue, il arrive à évaluer à 26 000 000 le nombre total des guttifères qui sont détruits dans cette île chaque année, par les chercheurs de gutta. Plus de 60 000 piculs de cette gomme ayant été exportés, en 1881, par le port de Singapore qui en est le grand entrepôt (2), on peut juger des ravages qu'a produits en quelques années, une exploitation faite sans ménagement dans les forêts de la zone si limitée qu'habitent les arbres à gutta (carte (1) fig. 53).

Aussi des craintes se sont manifestées, à diverses reprises, et depuis nombre d'années, au sujet de la disparition progressive des guttifères. Le gouvernement hollandais désireux de conserver à ses colonies indiennes ce précieux produit d'exportation, a fait faire au jardin botanique de Buitenzorg (Java) des essais de plantation des meilleures espèces d'arbres à gutta, dans le but d'en propager ensuite la culture parmi les colons. D'importants résultats ont déjà été obtenus, et en 1886, 4000 plantules étaient cultivées en plein champ. Des essais y sont entrepris en outre, dans le but d'établir la comparaison entre la quantité de gutta que l'on obtiendrait à l'aide d'incisions modérées répétées chaque année sur des arbres laissés debout, et celle que donne le mode actuel par l'abattage des arbres : le produit parait devoir doubler, si l'exploitation en est faite suivant une méthode rationnelle.

Le gouvernement français a, de son côté, tenté récemment d'introduire la culture des arbres à gutta dans la Cochinchine française.

On peut espérer que tant d'efforts ne resteront pas inutiles et que l'industrie électrique ne se verra pas privée d'un produit que les progrès de la science lui rendent tous les jours plus nécessaire.

M. Ed. Heckel (2) a, d'un autre côté, trouvé dans le *Butyrospermum Parkii*, *Kotschy* un latex qui s'écoule de la tige et des rameaux par incisions et qui, sans être identique à la gutta-percha au point de vue chimique, parait en posséder les propriétés physiques principales. Cet arbre très répandu dans les forêts qui bordent le Niger sur son immense parcours et dans toute la zône équatoriale du Nil, semblerait donc pouvoir remplacer, au moins dans une certaine mesure, les Palaquium et les Dichopsis. Quelques applications industrielles de la gutta *Bassia Parkii* ont déjà été tentées ; il resterait à étudier cette substance d'une manière plus complète, au point de vue de son emploi dans la fabrication des câbles sous-marins et à se rendre compte des difficultés et du prix de revient de son extraction.

(1) 100 Kattis = 1 picul = 62 kilog. 500.

(2) Les prix de la gutta-percha, nécessairement très variables, étaient, en 1883, sur le marché de Singapore, de 80 à 105 dollars le picul pour la première qualité, de 35 à 82 dollars pour la qualité intermédiaire, et de 18 à 40 dollars pour la qualité dite *blanche*.

(1) Cette carte est extraite des documents publiés par M. Seligmann-Lui, sur les origines de la gutta-percha, (*Annales télégraphiques*, 1883).

(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1885.

b. — Proprietes physiques

La gutta-percha *pure* est une substance poreuse, couleur blanc de lait, insoluble dans l'eau, l'alcool, les alcalis et les acides étendus, très soluble, surtout à chaud, dans l'éther, la benzine, le chloroforme, la térébenthine, le naphte, la créosote, et en général toutes les résines. L'acide sulfurique concentré l'attaque, surtout sous l'influence d'une chaleur modérée et ne laisse bientôt, à la place de

Gravé par E. Morieu. 65 r. Vivin. Paris.

Fig. 53

la gutta, qu'une matière charbonneuse; l'acide azotique concentré la change en une résine jaune. Identique, quant à sa composition chimique, à l'huile de térébenthine $C^{20}H^{30}$, elle contient :

Carbone.....	88,88	100,00
Hydrogène.....	11,12	

Sous l'action de l'oxygène de l'air, elle brunit, devient cassante, et se transforme en une résine soluble dans l'alcool. L'oxydation est facilitée par la lumière, la chaleur et surtout les alternatives de sécheresse et d'humidité; elle s'accélère sous l'influence combinée de ces diverses causes.

La gutta-percha du commerce n'est pas un prin-

cipe végétal immédiat, mais un mélange en proportions variables, de gutta pure, de résine provenant de son oxydation, d'eau et de matières ligneuses végétales. D'après le Dr Miller, une bonne gutta du commerce a la composition suivante :

Gutta pure	79,70
Résine	15,10
Matières ligneuses	2,18
Eau	2,50
Cendres	0,52
	100,00

Sa densité est généralement d'environ 0,981. La meilleure gutta est jaunâtre et fibreuse ; les autres sont rougeâtres ou blanchâtres. Solide à la température ordinaire, la gutta se rompt, sous une charge de 2 kilogrammes 450 par millimètre carré, en s'allongeant de 50 à 60 o/o : elle peut être pliée, nouée et tirée sans inconvénient, mais se laisse entamer facilement par une pointe ou un instrument tranchant. Elle se ramollit vers 37° : aussi un câble en gutta-percha, dont la fabrication est terminée, ne doit plus être soumis à une température supérieure à 32 ou 33°. Entre 50 et 60°, elle devient plastique ; appliquée dans ce état sur un objet dont on veut prendre le moule, elle en épouse très exactement toutes les formes, quelque délicates qu'elles soient, et les conserve après le refroidissement. Vers 100° elle entre en fusion et se résinifie, au contact de l'air, en absorbant un quart de son poids d'oxygène.

Une gutta est d'autant meilleure qu'elle contient moins de résine. Les qualités les plus estimées sont celles dites de Java et de Macassar ; viennent ensuite les Sumatra, et en dernier lieu, celles de Bornéo. Certaines guttas, blanchâtres et visqueuses, provenant de Bornéo, contiennent un lait qui fermente en dégageant successivement de l'acide butyrique et du butyrate d'amyle : à la longue, elles ne laissent qu'une matière résineuse, pulvérulente.

Le seul procédé connu jusqu'à ce jour pour prévenir l'oxydation de la gutta-percha, consiste à placer cette substance dans l'eau : pratiquement, elle y est indestructible et il n'existe pas un seul exemple d'un câble sous-marin dont la gutta, dans la partie immergée, ait eu à souffrir de l'action de l'oxygène. Aussi certaines compagnies n'ont-elles pas hésité à enfermer, dans les pays chauds, les lignes souterraines faisant suite aux câbles sous-marins, dans des conduites qui sont remplies d'eau en permanence, à l'aide de réservoirs placés sur les points culminants du terrain. Dans des conduites sèches, où le câble est en contact avec l'air, la gutta finit par se rétrécir et devenir friable, en laissant le conducteur en cuivre à découvert.

M. Edwin Clark avait reconnu, en 1852 déjà, que dans le travail d'épuration auquel il est nécessaire de soumettre la gutta, celle-ci s'unit mécaniquement à une certaine quantité d'eau qui, sous l'influence des variations de température auxquelles la matière est soumise pendant le travail même, s'évapore partiellement en laissant à sa place une résine plus ou moins poreuse. Une bonne gutta tirée d'un morceau de câble récemment fabriqué, analysée par le Dr Miller, en 1860, contenait 15 pour cent de résine et 2,5 pour cent d'eau. Bien que les procédés d'épuration de la gutta aient été beaucoup perfectionnés depuis lors, il semble résulter d'expériences faites par le professeur Abel, en 1876, qu'au point de vue des produits oxydés formés aux dépens de la gutta-percha et de l'eau interposée, on n'ait réalisé aucune amélioration. Une feuille de gutta, de qualité extra supérieure, lui donna, en effet, 12,7 pour cent de résine et 5 pour cent d'eau : ces proportions variaient respectivement entre 20 et 27,5 et entre 3 et 13 dans sept autres échantillons qu'il examina. En les classant ensuite, d'après leurs valeurs commerciales, il reconnut qu'il n'existait aucune relation directe entre ces valeurs et les proportions de résine et d'eau contenues dans les guttas soumises aux essais. L'analyse de guttas, de qualités supérieures, exposées pendant plusieurs années à l'air et à la lumière, lui démontra en outre que l'oxydation, sous l'influence de ces deux causes, ne se poursuit plus qu'avec lenteur, lorsque, par une mastication prolongée, la gutta est devenue suffisamment compacte ; la proportion d'eau interposée permet de se rendre compte, au moins approximativement, de l'état auquel est arrivée la gomme à cet égard.

Les quantités d'eau de mer et d'eau douce qu'absorbe la gutta-percha à la température ordinaire sont entre elles dans le rapport des nombres 3 et 5. Pour l'eau de mer, le pouvoir absorbant de la gutta devient deux fois plus considérable lorsque la température s'élève de 4° à + 49° : la progression est un peu plus rapide pour l'eau douce.

La pression n'a pas d'influence sensible sur cette propriété. L'eau d'absorption ne paraît pénétrer dans les pores de la gutta que jusqu'à une certaine profondeur, très faible d'ailleurs ; au delà de cette limite, le poids d'eau n'augmente plus, quelle que soit l'épaisseur de la gutta. L'eau interposée mécaniquement dans les pores de cette substance n'altère pas ses qualités électriques, lorsqu'elle ne dépasse pas 2 ou 3 pour cent du poids de la gomme.

Le pouvoir isolant de la gutta-percha, ou la résistance que cette matière offre au passage du courant électrique, mesuré relativement au cuivre pris pour unité, est, toutes dimensions égales, à la température de 24° C., approximativement de :

$$60\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \quad \text{ou} \quad 6 \times 10^{19}$$

On peut se faire une idée de l'énormité de ce nombre en remarquant que la lumière dont la vitesse est d'environ 77000 lieues par seconde, mettrait plus de 6000 ans à franchir la distance que le même nombre exprimerait en mètres.

Les différentes guttas naturelles ayant des propriétés très diverses, les fabricants ont été conduits à mélanger les guttas supérieures, fibreuses, qui ont plus de durée, avec des gommes inférieures qui possèdent un pouvoir isolant plus considérable et une capacité électrostatique plus faible. Il en résulte que la résistance d'isolement et la capacité électrostatique *spécifiques* de la gutta-percha, c'est-à-dire rapportées à l'unité de volume, varient entre certaines limites et doivent être déterminées dans chaque cas particulier. Les guttas du commerce étant d'ailleurs elles-mêmes déjà des mélanges de guttas naturelles, les fabricants, pour connaître exactement la valeur des gommes qu'ils achètent, sont obligés de confectionner 500 mètres d'âme avec la gutta de chaque lot et d'en étudier ensuite les propriétés électriques.

La résistance d'isolement R d'un cylindre annulaire d'un diélectrique quelconque est représentée par la formule

$$R = \frac{A \log \frac{D}{d}}{L}$$

dans laquelle A désigne une constante, D et d les diamètres extérieur et intérieur du cylindre, L sa longueur. Pour un câble en gutta-percha, on a *approximativement* par mille marin :

$$R = 750 \log \frac{D}{d} \text{ megohms}$$

au bout d'une minute d'électrification et après vingt-quatre heures d'immersion dans de l'eau à 24° C. Lorsque le câble est de fabrication récente, la valeur de A peut n'atteindre que les 2/3 de celle indiquée ci-dessus.

La résistance d'isolement de la gutta-percha diminue très rapidement à mesure que la température s'élève. La loi de la variation est représentée par une relation de la forme :

$$\frac{R}{r} = A^t$$

dans laquelle R et r désignent respectivement les résistances à la plus basse et à la plus haute des deux températures considérées dont la différence est de t degrés et A une constante.

Le coefficient A doit être déterminé pour chaque qualité de gutta du commerce. Si t est exprimé en degrés centigrades, la valeur de A, pour une gutta de qualité moyenne, est d'environ 0,87604. On a alors :

$$\log R = \log r + t \log 0{,}87604$$

Le tableau [1] (p. 264) donne une idée de la variation de résistance de la gutta-percha à différentes températures, mais ne pourrait être appliquée. avec quelque précision, à une gutta quelconque.

La pression augmente la résistance de la gutta-percha ; si l'on désigne par r sa résistance à la pression atmosphérique, par R celle à la pression p, exprimée en kilogrammes par centimètre carré, on aura :

$$R = r\,(1 + 0{,}00327\,p)$$

La capacité électrostatique spécifique de la gutta-percha, relativement à celle de l'air prise pour unité, est d'environ 4,2. La capacité électrostatique C d'un cylindre annulaire de diamè-

(1) J. Munro and A. Jamieson 's Pocket-Book, 1885.

tres extérieur et intérieur D et d est donnée par la relation :

$$C = A \frac{L}{\log \frac{D}{d}}$$

L représentant la longueur du cylindre, A une constante.

Pour un câble en gutta-percha, on a *approximativement* par mille marin :

$$C = \frac{0,18769}{\log \frac{D}{d}} \text{ microfarads}$$

La constante 0,18769 varie avec la qualité de la gutta.

Résistances relatives (après une minute d'électrification), à différentes températures, de la gutta-percha ordinaire pour des âmes dans lesquelles l'épaisseur de la gutta-percha ne dépasse pas 2,79 m.m. (W. Smith).

Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance	Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance	Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance
Fah.	Cent.			Fah.	Cent.			Fah.	Cent.		
32	0,0	23,622	.,373317	55	12,7	4,353	.,638789	78	25,5	0,8354	.,921895
33	0,5	21,947	.,341375	56	13,3	4,044	.,606811	79	26,1	0,7867	.,895809
34	1,1	20,391	.,309439	57	13,8	3,757	.,574841	80	26,6	0,7410	.,869818
35	1,6	18,945	.,277495	58	14,4	3,491	.,542950	81	27,2	0,6978	.,843731
36	2,2	17,602	.,245562	59	15,0	3,244	.,511081	82	27,7	0,6572	.,817698
37	2,7	16,354	.,213624	60	15,5	3,013	.,478999	83	28,3	0,6190	,791691
38	3,3	15,195	.,181701	61	16,1	2,800	.,447158	84	28,8	0,5829	.,765594
39	3,8	14,117	.,149742	62	16,6	2,601	.,415140	85	29,4	0,5490	.,739572
40	4,4	13,116	.,117801	63	17,2	2,417	.,383277	86	30,0	0,5171	.,713575
41	5,0	12,186	.,085861	64	17,7	2,245	.,351216	87	30,5	0,4870	.,687529
42	5,5	11,322	.,053923	65	18,3	2,086	.,319314	88	31,1	0,4586	.,661434
43	6,1	10,520	.,022016	66	18,8	1,938	.,287354	89	31,6	0,4319	.,635383
44	6,6	9,774	.,990072	67	19,4	1,801	.,255514	90	32,2	0,4068	.,609381
45	7,2	9,081	.,958134	68	20,0	1,673	.,223496	91	32,7	0,3831	.,583312
46	7,7	8,437	.,926188	69	20,5	1,555	.,191730	92	33,3	0,3608	.,557267
47	8,3	7,839	.,894261	70	21,1	1,444	.,159567	93	33,8	0,3398	.,531223
48	8,8	7,283	.,862310	71	21,6	1,342	.,127753	94	34,4	0,3200	.,505150
49	9,4	6,767	.,830396	72	22,2	1,247	.,095867	95	35,0	0,3014	.,479143
50	10,0	6,287	.,798444	73	22,7	1,158	.,063709	96	35,5	0,2839	.,453165
51	10,5	5,841	.,766487	74	23,3	1,076	.,031812	97	36,1	0,2674	.,427161
52	11,1	5,427	.,734560	75	23,8	1,000	.,000000	98	36,6	0,2518	.,401056
53	11,6	5,042	.,702603	76	24,4	0,9418	.,973959	99	37,2	0,2371	.,374932
54	12,2	4,685	.,670710	77	25,0	0,8870	.,947924	100	37,7	0,2233	.,348889

Le poids de gutta nécessaire pour obtenir une âme de diamètre D, avec un conducteur de diamètre d, D et d étant exprimés tous deux en millimètres, est d'environ :

$$1,43\,(D^2 - d^2) \text{ kilogrammes}$$

(*A suivre*) E. WUNSCHENDORFF

SUR LA TÉLÉPHONIE

A GRANDE DISTANCE [1]

IX

Nous avons vu, au paragraphe précédent que, si à une extrémité (station de départ) d'une ligne, existe une force électromotrice E périodique et de la forme $E_0 \sin mt$, la différence de potentiel $V_1 - V_2 = u$ étant nulle à l'autre extrémité (station d'arrivée), les courants de départ et d'arrivée sont de la forme :

$$i_0 = \varphi_0 E + \frac{\psi_0}{m} \frac{dE}{dt}$$
$$i = \varphi E + \frac{\psi}{m} \frac{dE}{dt} \qquad (19)$$

et nous avons fait connaître les expressions des coefficients φ_0, ψ_0, φ et ψ (17 et 18).

Pour une autre ligne, différant de la précédente soit par sa résistance, soit par sa capacité ou sa self-induction, les valeurs des quatre confficients ne sont pas les mêmes ; mais on aura encore pour i_0 et i des formules semblables.

Il en est de même si, au lieu d'une ligne, il

[1] Voir *La Lumière Électrique*, 2 et 23 juillet 1887

s'agit d'un circuit local de résistance r et de self-induction λ. Dans ce dernier cas, en effet, on a l'équation :

$$E = r\,i + \lambda \frac{d\,i}{d\,t}$$

d'où, en différentiant et remarquant que $d^2\,i/d\,t^2$ est égal à $-m^2\,i$:

$$\frac{d\,E}{dt} = r\,\frac{d\,i}{d\,t} - \lambda\,m^2\,i$$

En éliminant $d\,i/d\,t$ entre ces deux équations, on trouve :

$$r\,E - \lambda\,\frac{d\,E}{dt} = (r^2 + \lambda^2\,m^2)\,i$$

L'expression de $i\,(=i_0)$ est donc bien de la forme (19), en posant :

$$\varphi_\circ = \varphi = \frac{r}{r^2 + \lambda^2\,m^2}$$
$$\psi_\circ = \psi = \frac{-\lambda\,m}{r^2 + \lambda^2\,m^2} \qquad (20)$$

Supposons maintenant que l'on ait un circuit composé de deux parties distinctes, par exemple, de deux lignes de natures différentes ajoutées bout à bout (ligne aérienne et section souterraine), ou d'une ligne et d'un circuit local comprenant des appareils. Soient respectivement :

$$\varphi'_\circ\ \psi'_\circ\ \varphi'\ \text{et}\ \psi'$$
$$\varphi''_\circ\ \psi''_\circ\ \varphi''\ \text{et}\ \psi''$$

les valeurs des coefficients relatifs à ces deux parties. Les intensités i_0 et i du courant au départ et à l'arrivée sur le circuit composé seront encore de la forme (19), et nous allons voir que les valeurs de leurs quatre coefficients φ_0, ψ_0, φ et ψ s'expriment algébriquement d'une manière relativement simple en fonction de $\varphi'_\circ, \ldots \varphi''_0, \ldots \psi''$.

X

Soient, en effet, A B et B C les deux parties de la ligne (fig. ci-contre). La valeur de la différence de potentiel u est E au départ A, zéro à l'arrivée C, et U au point intermédiaire B.

Appliquons les formules (19) au tronçon A B. Tout s'y passe comme si le circuit total ne comprenait que cette partie A B, sur laquelle seraient appliquées la force électromotrice E à l'extrémité A et une force électromotrice égale à U à l'extrémité B. L'ensemble de ces deux forces électromotrices donnera pour les intensités i'_0 et i' en A et B :

$$i'_\circ = \left(\varphi'_\circ\,E + \frac{\psi'_\circ}{m}\frac{d\,E}{dt}\right) - \left(\varphi'\,U + \frac{\psi'}{m}\frac{d\,U}{dt}\right) \qquad (21)$$

$$i' = \left(\varphi'\,E + \frac{\psi'}{m}\frac{d\,E}{dt}\right) - \left(\varphi'_\circ\,U + \frac{\psi'_\circ}{m}\frac{d\,U}{dt}\right) \qquad (22)$$

De même, tout se passe sur le segment B C

Fig 1

comme s'il existait seul, une force électromotrice U étant appliquée en B. On aura donc :

$$i''_\circ = \varphi''_\circ\,U + \frac{\psi''_\circ}{m}\frac{d\,U}{dt} \qquad (23)$$

$$i'' = \varphi''\,U + \frac{\psi''}{m}\frac{d\,U}{dt} \qquad (24)$$

Les intensités i' et i''_0, se rapportant au même point B, sont égales. On peut donc éliminer i' et i''_0 entre (22) et (23), ce qui donne :

$$\varphi'\,E + \frac{\psi'}{m}\frac{d\,E}{dt} = (\varphi'_\circ + \varphi''_\circ)\,U + \frac{\psi'_\circ + \psi''_\circ}{m}\frac{d\,U}{dt} \qquad (25)$$

On tire encore de là par différentiation, en remarquant que $d^2E/d\,t^2$ et $d^2U/d\,t^2$ sont respectivement égaux à $-m^2E$ et m^2U :

$$\varphi'\,\frac{d\,E}{dt}\,\psi'\,m\,E = (\varphi'_\circ + \varphi''_\circ)\,\frac{d\,U}{dt} - (\psi'_\circ + \psi''_\circ)\,m\,U \qquad (26)$$

Or, si entre les équations (21), (25) et (26), qui sont linéaires par rapport à U et $d\,U/d\,t$, on éli-

mine ces deux quantités (par la méthode connue des déterminants), il vient finalement :

$$[(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2]\left[\varphi'_0\,E+\frac{\psi'_0}{m}\frac{dE}{dt}-i'_0\right]$$
$$=\Big\{\varphi'[\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)+\psi'(\psi'_0+\psi''_0]+\psi'[\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)$$
$$-\psi(\varphi_0+\varphi''_0)]\Big\}E+\frac{1}{m}\Big\{\varphi'[\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)-\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)] \tag{27}$$
$$+\psi'[\psi'(\psi'_0+\psi''_0)+\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]\Big\}\frac{dE}{dt}$$

Par le même procédé, l'élimination de U et dU/dt entre (24), (25) et (26) donnerait :

$$[(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2]\,i''=\Big\{\varphi''[\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)+\psi'(\psi'_0$$
$$+\psi''_0)]+\psi''[\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)-\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]\Big\}E \tag{28}$$
$$+\frac{1}{m}\Big\{\varphi''[\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)-\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)]$$
$$+\psi''[\psi'(\psi'_0+\psi''_0)+\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]\Big\}\frac{dE}{dt}$$

Les intensités i'_0 et i'' ne sont autre chose que les intensités i_0 et i au départ et à l'arrivée sur le circuit composé A B C. Elles sont bien de la forme (19) comme le montrent les formules (27) et (28), et les valeurs de φ_0 ψ_0 φ et ψ sont :

$$\varphi_0=\varphi'_0-\frac{\varphi'[\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)+\psi'(\psi'_0+\psi''_0)]+\psi'[\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)-\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0\times\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2}$$
$$\psi_0=\psi'_0-\frac{\varphi'[\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)-\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)]+\psi'[\psi'(\psi'_0+\psi''_0)+\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2} \tag{29}$$

$$\varphi=\frac{\varphi''[\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)+\psi'(\psi'_0+\psi''_0+\psi''[\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)-\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2}$$
$$\psi=\frac{\varphi''[\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)-\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)]+\psi''[\psi'(\psi'_0+\psi''_0)+\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2} \tag{30}$$

d'où :

$$\varphi^2+\psi^2=\frac{1}{\rho^2}=\frac{(\varphi'^2+\psi'^2)\ (\varphi''^2+\psi''^2)}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2} \tag{31}$$

La valeur de ρ représente la résistance d'une ligne qui serait dépourvue de capacité et de self-induction et sur laquelle la même force électromotrice E développerait le même courant i.

Ainsi, lorsqu'on a calculé déjà les coefficients $\varphi'_0,\ldots\varphi''_0,\ldots\psi''$ relatifs à deux portions AB et BC d'un circuit, *il n'est pas nécessaire pour obtenir les coefficients* φ_0,ψ_0,φ *et* ψ *relatifs à celui-ci, de recommencer la théorie générale de la propagation.* On n'a plus qu'à appliquer les formules (29) et (30). Toutefois, il y a lieu de faire une observation au sujet de ces formules.

Si, au lieu de calculer le courant d'arrivée en C sous l'action d'une force électromotrice E placée en A, on calcule le courant d'arrivée en A sous l'action de la même force électromotrice E placée en C, on obtiendra les nouvelles valeurs de φ, ψ et ρ en remplaçant dans les relations (30) et (31), les indices ′ par ″ et réciproquement.

On voit que les valeurs des coefficients ne sont pas changées ; c'est-à-dire que *le courant d'arrivée dans le poste* C, *sous l'action d'une force électromotrice* E *placée en* A, *est égale au courant d'arrivée dans le poste* A *sous l'action de la même force électromotrice E placée en* C. C'est l'extension, au cas des courants alternatifs, d'un théorème que l'on démontre au moyen des lois de Kirchhoff, au sujet de la distribution des courants à l'état permanent dans un circuit complexe. Les formules et le théorème précédent, s'appliquent au cas où les sections AB et BC présenteraient des pertes ou dérivations quelconques. Les valeurs de $\varphi'_0,\ldots\varphi''_0,\ldots\psi''$ pourraient être alors d'un calcul plus difficile ; mais cela importe peu.

La loi de réciprocité précédente ne s'étend pas au cas où l'on calcule le courant de départ i_0. On voit en effet que les valeurs de φ_0 et de ψ_0 sont modifiées si l'on remplace, dans les relations (29), les indices ′ par ″ et réciproquement.

Donc pour un circuit tel que ABC, et en général pour tout circuit, on ne doit pas attribuer à φ_0 et ψ_0, *à priori*, des valeurs égales, quelle que soit l'extrémité (A ou C) considérée comme station de départ.

Pour tenir compte de cette observation, désignons par φ'_0 et ψ'_0 les valeurs de ces coefficients pour l'extrémité B, et par φ'_1 et ψ'_1 leurs valeurs pour l'extrémité A du fil AB.

Soient de même φ''_0 et ψ''_0 les valeurs en B, et φ_1'' et ψ_1'' les valeurs en C, sur le fil BC. On n'aura qu'à modifier les calculs ci-dessus en remplaçant φ_0' et ψ_0' par φ_1' et ψ_1' dans (21).

Le résultat de cette modification est évident: dans la formule (27), il suffira de remplacer le facteur

$$\varphi'_0 \mathrm{E} + \frac{\psi'_0}{m}\frac{d\,\mathrm{E}}{d\,t} - i'_0$$

par

$$\varphi'_1 \mathrm{E} + \frac{\psi'_1}{m}\frac{d\,\mathrm{E}}{d\,t} - i'_0.$$

Les formules (29) deviennent ainsi :

$$\varphi_0 = \varphi'_1 - \frac{\varphi'[\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)+\psi'(\psi'_0+\psi''_0)]+\psi'[\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)-\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2}$$

$$\psi_0 = \psi'_1 - \frac{\varphi'[\psi'(\varphi'_0+\varphi''_0)-\varphi'(\psi'_0+\psi''_0)]+\psi'[\psi'(\psi'_0+\psi''_0)+\varphi'(\varphi'_0+\varphi''_0)]}{(\varphi'_0+\varphi''_0)^2+(\psi'_0+\psi''_0)^2} \qquad (29\ bis)$$

Ces valeurs φ_0 et ψ_0 se rapportent à l'extrémité A considérée comme station de départ du circuit AC. Pour avoir les valeurs φ_1 et ψ_1 relatives à l'extrémité C, on n'aura qu'à remplacer, dans (29 bis) les indices ′ par ″ et réciproquement.

On peut déduire ces formules (29 bis) et (30) diverses conséquences importantes. Nous citerons seulement les suivantes sans démonstration :

1° La présence d'une perte sur une ligne a pour effet de rendre le courant de départ plus intense, toutes choses égales, au poste le plus rapproché de la perte qu'au poste le plus éloigné. On en conclut, à l'aide de la formule (31), que *le courant d'arrivée, soit dans l'un, soit dans l'autre poste, est d'autant plus faible, toutes choses égales, que la perte est plus rapprochée du milieu de la ligne.*

2° Lorsqu'une ligne aérienne contient une section souterraine ou sous-marine, le courant de départ est plus intense dans le poste le plus rapproché de cette section. On en conclut que, toutes choses égales d'ailleurs, cette section est plus nuisible à la transmission, lorsqu'elle est vers le milieu de la ligne que lorsqu'elle est située aux extrémités.

XI

Les formules (29), (30), (31) peuvent s'obtenir par une méthode beaucoup plus simple, qui s'applique avec avantage à divers cas, tels que celui d'un circuit comprenant la ligne et les appareils placés aux deux bouts.

Nous poserons symboliquement, à cet effet:

$$a\,u + \frac{b}{m}\frac{d\,u}{d\,t} = \left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)u$$

a et b désignant deux constantes, et u une fonction du temps suivant la loi pendulaire ou sinusoïdale de la forme $u_0 \sin m(t-\theta)$. Le second membre de cette équation est sous forme d'un produit symbolique, dont les facteurs sont u et $\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)$. Il est lui-même une fonction sinusoïdale de t et peut être multiplié symboliquement par un nouveau facteur $\left(\alpha + \frac{\beta}{m}\frac{d}{d\,t}\right)$.

On trouve, en développant les calculs et tenant compte de la propriété :

$$\frac{d^2 u}{d\,t^2} = -m^2 u$$

$$\left(\alpha + \frac{\beta}{m}\frac{d}{d\,t}\right)\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)u = \left[(a\,\alpha - b\,\beta) + \frac{a\beta + b\alpha}{m}\frac{d}{d\,t}\right]u \qquad (32)$$

et l'on constate que la nouvelle fonction ainsi obtenue a une expression indépendante de l'ordre des facteurs $\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)$ et $\left(\alpha + \frac{\beta}{m}\frac{d}{d\,t}\right)$, c'est-à-dire que :

$$\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)\left(\alpha + \frac{\beta}{m}\frac{d}{d\,t}\right) = \left(\alpha + \frac{\beta}{m}\frac{d}{d\,t}\right)\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)$$

Le développement de ce produit est identique à celui du produit des facteurs $(a + b\sqrt{-1})$ et $(\alpha + \beta\sqrt{-1})$ obtenus en remplaçant $(1/m)d/dt$ par l'imaginaire $\sqrt{-1}$. Cette assimilation peut d'ailleurs être poussée plus loin et étendue à la division symbolique. Ainsi, étant donnée entre deux fonctions sinusoïdales u et v la relation :

$$\left(a + \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)u = v \qquad (33)$$

on en tire, par un procédé déjà employé plus haut :

$$u = \frac{1}{a^2 + b^2}\left(a - \frac{b}{m}\frac{d}{d\,t}\right)v$$

D'autre part, si l'on divise symboliquement les deux membres de (33) par $\left(a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)$:

$$u=\frac{1}{a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}}\,v$$

on voit que le facteur $\frac{1}{a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}}$ n'est autre chose que le quotient du facteur $\left(a-\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)$ conjugué de $\left(a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)$ par le carré (a^2+b^2) du module. Cet exemple montre que l'on peut multiplier ou diviser les deux membres d'une équation par un facteur tel que $\left(a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)$, et comment on doit entendre ces opérations symboliques.

Ceci posé, considérons le circuit composé de la ligne B C et des sections locales A B et C D comprenant les appareils (fig. ci-contre). Adop-

Fig. 2

tons les mêmes notations que plus haut (§ X), et désignons les potentiels en B et C par U et V respectivement. On aura sur la section AB :

$$i_0=\left(\varphi''+\frac{\psi''}{m}\frac{d}{dt}\right)(E-U)$$

Sur la section B C, le courant en B est:

$$i_0=\left(\varphi'_0+\frac{\psi'_0}{m}\frac{d}{dt}\right)U-\left(\varphi'+\frac{\psi'}{m}\frac{d}{dt}\right)V$$

Sur la même section le courant en C est :

$$i=\left(\varphi'+\frac{\psi'}{m}\frac{d}{dt}\right)U-\left(\varphi'_0+\frac{\psi'_0}{m}\frac{d}{dt}\right)V$$

Enfin pour la section C D :

$$i=\left(\varphi''+\frac{\psi''}{m}\frac{d}{dt}\right)V$$

Désignons, pour abréger, par A', A_0', A'' respectivement les facteurs $\left(\varphi'+\frac{\psi'}{m}\frac{d}{dt}\right)$, $\left(\varphi'_0+\frac{\psi'_0}{m}\frac{d}{dt}\right)$ et $\left(\varphi''+\frac{\psi''}{m}\frac{d}{dt}\right)$. Les quatre équations précédentes prennent la forme excessivement simple :

$$i_0=A''(E-U)=A'_0\,U-A'\,V$$
$$i=A'\,U-A'_0\,V=A''\,V$$

et, puisqu'on peut les multiplier et les diviser par des facteurs symboliques arbitraires, on pourra en profiter pour éliminer U et V, comme s'il s'agissait d'équations algébriques du premier degré. Les intensités i et i_0 se trouveront alors exprimées en fonction de la force électromotrice périodique E. On trouvera ainsi :

$$i=\frac{A'\,A''^2}{(A'_0+A'')^2-A'^2}\,E \qquad (34)$$

En appliquant les règles de multiplication et de division indiquées plus haut, on mettra le facteur

$$\left(\frac{A'\,A''^2}{A'_0+A'')^2-A'^2}\right)$$

sous la forme

$$\left(\varphi+\frac{\psi}{m}\frac{d}{dt}\right)$$

Les valeurs de φ et de ψ ainsi calculées ne sont autre chose que celles qui sont définies, pour le circuit A B C D, par la deuxième des équations (19). On calculerait de même φ_0 et ψ_0.

Mais la seule valeur qu'il nous importe de connaître est celle du rapport $E_0/I=\rho$ de l'amplitude E_0 de la force électromotrice à l'amplitude I du courant d'arrivée. Comme, en général, l'amplitude du produit

$$\left(a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)u$$

est égale au produit de l'amplitude u_0 par le module $\sqrt{a^2+b^2}$ du facteur

$$\left(a+\frac{b}{m}\frac{d}{dt}\right)$$

et que d'autre part, le module du produit ou du quotient de deux facteurs est égal au produit ou du quotient des deux facteurs, on déduira de l'équation (34) :

$$\rho=\frac{E_0}{I}=\frac{\text{module}\,[(A'_0+A'')^2-A'^2]}{\text{module}\,A'\times(\text{module}\,A'')^2}$$

Reportons-nous aux valeurs de A', A'_0, A'' :

$$A' = \varphi' + \frac{\psi'}{m}\frac{d}{dt}$$

$$A'' = \varphi'' + \frac{\psi''}{m}\frac{d}{dt}$$

$$A'_0 + A'' = (\varphi'_0 + \varphi'') + \frac{\psi_0 + \psi''}{m}\frac{d}{dt}$$

On a :

$$\text{mod. } A' = \sqrt{\varphi'^2 + \psi'^2}$$

$$(\text{mod. } A'')^2 = \varphi''^2 + \psi''^2$$

$$\text{mod. } [(A'_0 + A'')^2 - A'^2] = \sqrt{(\varphi'_0 + \varphi'' + \varphi')^2 + (\psi'_0 + \psi'' + \psi')^2} \times \sqrt{(\varphi'_0 + \varphi'' - \varphi')^2 + (\psi'_0 + \psi'' - \psi')^2}$$

et par suite :

$$\rho = \frac{\sqrt{(\varphi'_0 + \varphi'' + \varphi')^2 + (\psi'_0 + \psi'' + \psi')^2}\ \sqrt{(\varphi'_0 + \varphi'' - \varphi')^2 + (\psi'_0 + \psi'' - \psi')^2}}{\sqrt{\varphi'^2 + \psi'^2}\ (\varphi''^2 + \psi''^2)} \qquad (35)$$

La même méthode s'appliquerait à peu près aussi simplement au calcul de la résistance ρ dans le cas d'une ligne aérienne sur laquelle serait intercalé un tronçon de ligne souterraine ou sous-marine.

XII

Applications numériques. — Supposons que la ligne soit celle que nous avons déjà considérée plus haut et pour laquelle on a :

$$R = 20.000 \qquad C = \frac{1}{245000} \qquad L = 28 \qquad l = 0,12$$

et que chacune des sections terminales A B et C D (fig. précédente) soit constituée par un poste d'Arsonval. Pour chacun des deux récepteurs d'un poste nous admettrons les données suivantes [1] :

résistance $= 219^{\omega}$ self-induction $= 0,15$

et pour la bobine d'induction :

résistance $= 150^{\omega}$ self-induction $= 0,43$

de telle sorte que pour l'ensemble d'un poste on a :

$$r = 150 + 2 \times 219 = 588$$

$$\lambda = 0,43 + 2 \times 0,15 = 0,73$$

Enfin nous poserons : $m = 2000$, ce qui correspond à un son de 318 vibrations par seconde environ.

1° Calcul de φ'' et ψ'' par les formules (20) :

$$\varphi'' = 0,00023735 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \log \varphi'' = \bar{4},3753910$$

$$\psi'' = -0,00058934 \ldots\ldots \quad \log(-\psi'') = \bar{4},7702666$$

$$\varphi''^2 + \psi''^2 = \frac{1}{2477344} \ldots\ldots\ldots \quad \log(\varphi''^2 + \psi''^2) = \bar{7},6060137$$

2° Calcul de $\varphi', \psi', \varphi'_0$ et ψ'_0 par les formules (17) et (18). On trouve, entre autres résultats :

$$a = 29,0141 \ldots\ldots \quad \log a = 1,4626095$$

$$\alpha = 11,93997 \ldots\ldots \quad \log \alpha = 1,0770032$$

$$\frac{m\,l}{a} = 8,2718 = 2\pi + \frac{\pi}{2} + \text{arc } 23^\circ\, 56'\, 23''$$

et finalement ;

$$\varphi' = -0,000110356 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \log(-\varphi') = \bar{4},0427961$$

$$\psi' = -0,000529017 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \log(-\psi') = \bar{4},7234693$$

$$\sqrt{\varphi'^2 + \psi'^2} = \frac{1}{1850,46} \ldots\ldots \quad \log\sqrt{\varphi'^2 + \psi'^2} = \bar{4},7327210$$

$$\varphi'_0 = +0,001054521 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \log \varphi'_0 = \bar{3},0230554$$

$$\psi'_0 = +0,000276089 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \log \psi'_0 = \bar{4},4410495$$

Si l'on n'avait qu'un poste à une extrémité de la ligne, on trouverait, par l'application de la formule (31) :

$$\sqrt{\varphi^2 + \psi^2} = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{3871,67}$$

L'addition d'un seul poste ($r = 588\,\omega$, $\lambda = 0,73$) à un bout de la ligne porte donc la résistance *apparente* ρ de celle-ci de

$$1850^{\omega}\left(\frac{1}{\sqrt{\varphi'^2 + \psi'^2}}\right)$$

à

$$3872^{\omega}\left(\frac{1}{\sqrt{\varphi^2 + \psi^2}}\right)$$

Cet accroissement est supérieur à celui qu'on aurait pu prévoir.

[1] Voir *Annales Télégraphiques*, novembre, décembre 1886, p. 532 et 534.

Dans le cas où un poste fonctionne à chaque extrémité, l'application de la formule (35) donne

$$\rho = 9436^{\omega},95$$

On voit par ce chiffre l'importance énorme du rôle que jouent les appareils aux extrémités d'une telle ligne.

En adoptant les valeurs ci-dessus pour r et λ, nous ne tenons pas compte, il est vrai, de la réaction que produit la présence du circuit primaire de la bobine d'induction. Pour en tenir compte il faudrait ajouter à r une certaine valeur r', et retrancher de λ une valeur λ', qui dépendent de la résistance et de la self-induction du circuit primaire, ainsi que du coefficient d'induction mutuelle de la bobine [1]. Mais les exemples précédents suffisent pour montrer l'application des formules. La discussion de celles-ci permettrait de fixer des règles relativement aux appareils les mieux appropriés à une ligne déterminée; mais elle nous entraînerait trop loin.

Les formules précédentes ne sont sans doute pas excessivement simples. Mais les ingénieurs électriciens ne sauraient reculer devant cette légère complication, lorsqu'il s'agit d'étudier un projet de construction de ligne téléphonique spéciale à longue distance.

Un accroissement inutile du diamètre du fil entraîne alors un surcroît considérable de dépense; une réduction trop grande de ce diamètre pourrait compromettre la transmission. Il y a donc tout intérêt à déterminer aussi exactement que possible le type de fil à adopter, même au prix de calculs quelque peu compliqués.

Il reste toutefois un point important à établir au sujet de la théorie précédente. Tient-elle compte de tous les principaux éléments qui entrent en jeu dans la propagation des ondes téléphoniques, et peut-elle être considérée comme suffisamment approchée pour servir de guide?

Grâce aux applications qui en pourront être faites à diverses lignes téléphoniques, la discussion ne tardera peut-être pas à nous éclairer à cet égard.

VASCHY

(1) Voir *Annales Télégraphiques*, 1884, p. 192.

LE

ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ

DANS LA CRISTALLISATION (1)

Ramifications et dentrites cristallines, par électrolyse. (Expériences D. M. Cardani) (2)

Après avoir répandu sur une lame de verre une couche mince d'une dissolution d'azotate d'argent, on y place des électrodes en platine communiquant avec une pile de quelques éléments. On

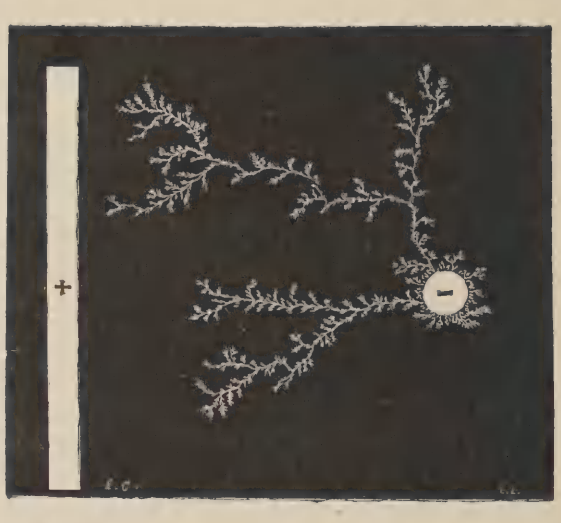


Fig. 2

obtient au *pôle négatif* de curieuses ramifications cristallines, en forme de dentrites d'argent très pur. Ces arborisations présentent une certaine analogie de forme avec les ramifications *positives* produites par les décharges d'une batterie de Leyde sur les isolants et rappellent même, jusqu'à un certain point, la disposition des lignes de flux électrique, (fig. 2, 2 bis, 2 ter). M. Cardani a varié ses expériences. Ainsi quand les électrodes sont des lames carrées dont les pointes polaires sont tournées en regard l'une de l'autre, outre les ramifications d'argent au pôle négatif, on voit au pôle positif un dépôt noirâtre de peroxyde d'argent formé d'aiguilles de figures différentes de celles du pôle négatif. (Fig. 2 bis).

(1) Voir *La Lumière Électrique*, du 30 juillet 1887.
(2) *La Lumière Electrique*. t. X p. 471.

Relativement à ce dernier résultat, nous ferons remarquer que cette forme de dépôt de peroxyde d'argent était bien connue depuis longtemps. Nous trouvons en effet, dans le traité de chimie de Pelouse et Frémy t, III, p. 1142, (édition de 1865), le passage suivant : « En décomposant par la pile une dissolution très étendue d'azotate d'argent, il (le peroxyde d'argent) se dépose sur le pôle positif de la pile sous forme *d'aiguilles grisâtres* et d'un éclat métallique, dont la longueur atteint souvent 7 à 8 m.m.» Nous verrons plu loin que ces aiguilles peuvent atteindre des longueurs beaucoup plus grandes (jusqu'à 2,5 c.m.)

Après avoir répété les principales expériences de M. Cardani, en adoptant les dispositions qu'il a indiquées, c'est-à-dire en répandant une couche mince d'azotate d'argent sur une lame de verre horizontale, et déposant sur elle deux électrodes

Fig. 2 bis

en lames carrées de platine, ayant leurs sommets en regard ; aprés avoir constaté, avec une dissolution peu étendue, la formation simultanée d'arborisations d'argent pur et brillant au pôle négatif et d'aiguilles noirâtres de peroxyde d'argent, au pôle positif, j'ai poussé l'expérience plus loin que M. Cardani, c'est-à-dire jusqu'au moment de la jonction des deux dépôts cristallins.

Voici ce que j'ai observé alors : Quand les dendrites, et les aiguilles sont arrivées à quelques millimètres les unes des autres, il s'est produit dans les masses, de part et d'autres, un mouvement qu'on peut qualifier de tumultueux. Les arborescences, ou dendrites, se sont couvertes, aux extrémités surtout, d'un dépôt d'argent mat et même jaunâtre ; elles se sont rapidement épaissies et sont devenues pour ainsi dire laineuses. On voyait à leurs extrémités des taches noires, de même qu'on voyait des points blancs brillants au milieu des aiguilles noires de peroxyde d'argent, dans les environs de l'anode.

Dans une autre expérience, les électrodes étant a courte distance l'une de l'autre (2 centimètres environ), les aiguilles de peroxyde d'argent se sont montrées anssi longues que les arborescences d'argent pur.

On peut même, pour certaines distances, avec une dissolution convenablement étendue ou concentrée, obtenir des arborescences sans aiguilles, et réciproquement.

Nous allons voir un exemple de ce dernier cas.

Avec une dissolution peu étendue, la distance des pointes polaires étant de 3 centimètres, il s'est

Fig 2 ter

produit, au bout de 10 minutes, une aiguille unique en ligne droite, dirigée exactement vers le pôle négatif ; sa longueur atteignait lors de son développement total, 2,5 cm. Plus tard elle a présentée deux branches latérales parallèles. Enfin, lorsque la pointe de l'aiguille s'est approchés à 5 ou 6 millimètres du pôle négatif, les arborescences ont, seulement alors, commencé à se produire (Fig. 3) [1]

[1] Si les arborisations obtenues par M. Cardani ont été reproduites en grandeur naturelle dans les figures précédentes, c'est qu'on a employé pour les réaliser une pile plus énergique que celle qui m'a servi, les dimensions et la vitesse des dépôts de ce genre étant proportionnelles à l'énergie du courant qui leur donne naissance.

J'ai donné ensuite à mes expériences d'autres dispositions que celles de M. Cardani; je citerai les suivantes :

L'anode est en fil de platine de 1 millimètre

Fig. 3

de diamètre, auquel on a donné la forme d'une circonférence fermée, de 3,5 c. de diamètre. L'électrode négative est un autre fil en platine, également de 1 millimètre de diamètre, et aboutissant au centre de la circonférence précédente (fig. 4). Le courant est fourni par une pile de deux éléments, au bichromate (neufs, de 2 litres chacun) réunis en tension. La dissolution d'azotate d'argent répandue en couche mince sur la la lame de verre où elle couvre les fils électrodes, est assez concentrée.

Dès que le courant a été amené dans ce système, les arborisations se sont immédiatement développées au pôle négatif. En moins de 5 minutes elles avaient dépassé la moitié de la longeur du rayon de la circonférence (première phase). Jusqu'alors elles étaient restées brillantes, cristallines; à partir de ce moment, elles sont devenues mates, touffues, jaunâtres. En 6 minutes elles avaient atteint le fil de pourtour, lequel se couvrait alors, en dedans et

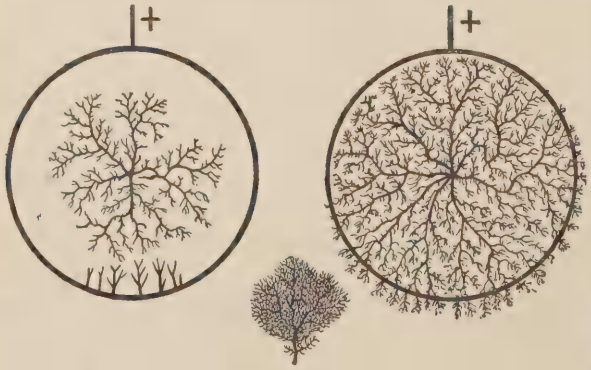


Fig. 4

en dehors du cercle, de points amorphes, mais sans aiguille de peroxyde. A peine le contact avait-il eu lieu entre les arborescences négatives et le fil positif, que tout l'intérieur du cercle a été bientôt rempli d'arborescences confuses, parsemées ça et là de points noirs. Le courant électrique continuant d'agir, les arborescences ont passé sous le fil positif et se sont répandues au-delà en masses confuses et d'un aspect laineux (seconde phase).

Dans une autre expérience, avec une dissolution plus concentrée, les effets ont été plus prompts; des aiguilles se sont montrées sur le fil positif bien avant que les arborescences l'eussent atteint.

Expérience inverse. — Le pôle négatif de la pile est rattaché au fil circulaire et le pôle positif au fil vertical qui aboutit au centre (fig. 5). A peine le courant électrique est-il établi qu'un dépôt noir amorphe se produit autour du fil positif. Ce dépôt s'accroît rapidement en quelques minutes,

Fig. 5

s'étend en cercle (de 4 millimètres de diamètre) autour du fil. Des bulles de gaz (oxygène) s'échappent sans cesse de ce même pôle. Une aiguille noire, courte et ramifiée se montre extérieurement en dépôt. Mais aucune arborisation ne paraît encore sur le fil négatif. Plus tard, quelques-unes prennent naissance en regard de l'aiguille de peroxyde d'argent. Elles s'étendent bientôt et arrivent au bout de 10 minutes vers le centre. Alors le mélange, ou plutôt la combinaison a lieu. Les arborisations sont absorbées au fur et à mesure qu'elles arrivent.

Le degré de concentration de la solution a (comme M. Cardani l'a fait remarquer) une grande influence sous la forme des dépôts électrolytiques. Lorsqu'elle est très concentrée (celle que j'ai employée contenait 30 grammes d'azotate d'argent pour 150 grammes d'eau) et que la distance interpolaire est d'environ 0,03 m., les aiguilles de peroxyde se forment au pôle positif en même temps que les

dendrites d'argent sur le pôle négatif. Mais alors, à une phase avancée du phénomène, lorsque les dépôts ne sont plus qu'à 2 ou 3 millimètres l'un de l'autre, les arborisations d'argent perdent leur éclat, s'épaississent, deviennent, comme nous l'avons dit, laineuses.

Il est donc avantageux d'employer des dissolutions étendues, si l'on veut avoir des belles arborisations d'argent pur brillant, et d'arrêter l'opération avant l'épaississement des ramifications.

On peut, d'ailleurs, obtenir, à volonté, seulement des ramifications d'argent brillant, en rompant fréquemment la communication des aiguilles de peroxyde avec le pôle positif, ou inversement on peut n'avoir que des aiguilles en brisant les arborisations à mesure qu'elles se produisent.

Pour obtenir des arborisations assez longues, on peut user de l'artifice suivant : On amène l'électrode positive à très petite distance de la négative, afin de provoquer la formation des premières cristallisations, qui ne se produiraient que difficilement à grande distance. Puis, sans toucher à l'électrode négative, on recule la positive au fur et à mesure que les aborisations s'allongent. Par ce moyen, avec une pile, même faible, on peut obtenir des arborescences relativement très longues et éviter qu'elles deviennent laineuses.

Il résulte des expériences qui précèdent qu'on peut obtenir à volonté :

1° Seulement des arborisations cristallines plus ou moins longues d'argent pur, brillant;

2° Seulement des aiguilles brunes de peroxyde d'argent;

3° Simultanément des arborisations et des aiguilles;

4° Une cristallisation d'argent mat et même jaunâtre;

5° Un dépôt amorphe d'argent spongieux (éponge blanche);

6° Un dépôt noir, confus, de peroxyde d'argent.

Passant à un autre ordre d'idées, j'ai voulu savoir si les arborisations issues de deux centres différents, mais d'un même pôle, se repousseraient, à la façon des lignes de force magnétiques. A cet effet, j'ai disposé l'expérience comme elle est représentée, en projection horizontale dans la figure 6.

Les bouts d'un même fil de platine, dont le milieu est rattaché au même pôle négatif, touchent la plaque de verre, c'est-à-dire la couche liquide. L'électrode positive est formée par la tranche d'une lame de platine parallèle à la droite qui joindrait les deux bouts du fil. La distance de ceux-ci entre eux est de 0,014 m., et la distance à la lame de platine est de 0,025 m.

Le premier effet qui s'est produit est celui que montre la figure 6, première phase. Les arborisations se repoussent visiblement, comme deux corps chargés de la même électricité, ou comme les lignes de force issues de deux pôles de même nom.

Plus tard, l'attraction de la lame se fera sentir

Fig. 6

et prédominera, comme on le voit dans la figure 6, deuxième phase.

Ainsi, les arborisations de même nom se *repoussent*. Nous verrons plus loin un autre mode d'expérimentation où ces effets sont rendus plus apparents.

Pour *photographier* les ramifications électrolytiques dont nous avons parlé, on commence d'abord, sans déranger la plaque en verre, par faire écouler le liquide restant, au moyen d'une bandelette de papier spongieux faisant l'office de siphon ; car si, après la rupture du courant électrique, on abandonnait ce liquide à la cristallisation spontanée, ses cristaux empâteraient les arborisations métalliques et nuiraient à la netteté de la reproduction photographique.

On enlève donc, avec grande précaution, les électrodes auxquelles les dépôts fragiles sont fixés [1]. Lorsque le tout est bien sec, on peut

(1) Les arborisations obtenues par électrolyse sont plus délicates, plus fragiles, que les *végétations métalliques* dont il sera question plus loin, et qu'on photographie de la même manière.

employer la plaque comme cliché pour obtenir au moment du papier dit au *ferro-prussiate*, des épreuves des différents dépôts qui y sont suffisamment adhérents.

Végétations métalliques

On trouve dans l'intérieur de la terre des agglomérations métalliques ayant la forme de végétaux, tantôt dans l'espace, tantôt dans un plan : tronc, branches, rameaux, ramuscules, quelquefois épanouissement des extrémités en espèce de feuilles, rien n'y manque. Aussi, a-t-on donné depuis longtemps à ces productions naturelles le nom de *végétations métalliques*.

On en rencontre aussi d'autres, qui ne présentent rien de métallique, qui sont comme des pierres ou des cristaux de diverse nature, saline ou autre. On a pu imiter en chimie la plupart de ces *végétations*.

Nous nous occuperons spécialement des végétations métalliques, qui se rattachent à l'électricité par l'une des forces que le phénomène met en jeu.

Les *végétations métalliques* bien connues sous les noms d'*arbre de Saturne*, d'*arbre de Diane*, d'*arbre de Mars*, se produisent, comme on sait, spontanément, sans intervention directe de l'électricité. Mais, par suite des dispositions expérimentales, l'électricité préside encore au phénomène ; car elle résulte de la présence des métaux hétérogènes dans la dissolution, métaux formant de véritables couples voltaïques qui continuent la cristalisation provoquée par l'affinité.

Les chimistes du siècle précédent se sont occupés à diverses reprises des *végétations métalliques*. (Voir à ce sujet *Les Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1707, 1710, 1722, 1735).

On y remarque surtout :

1° Un mémoire de Homberg 1710, p. 790, édit. in-12, dans lequel l'auteur divise les végétations métalliques en trois classes, suivant qu'elles sont formées de métal pur, d'un mélange de métal et de sel, ou de matière saline, terreuse ou huileuse.

2° Un mémoire de *La Condamine*, 1735, dont il va être question plus loin.

De notre temps, Grotthus, Bucholz et surtout Fischer de Breslau, ont fait des recherches assez étendues sur ce sujet. (Voir De la Rive : *Traité d'Électricité* t. II, p. 623 et t. III, p. 493) Fischer conclut ainsi : « Il parait certain que si l'affinité chimique est la cause première de la précipitation du métal, le courant électrique tend à son tour à l'augmenter et par conséquent concourt à sa formation, (id., p. 496.)

Fig. 7

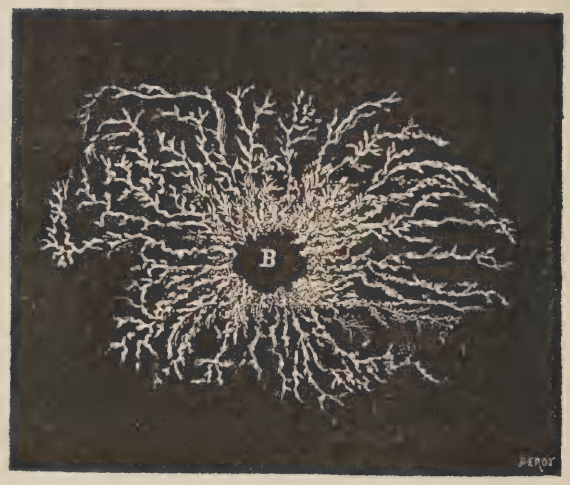


Fig. 7 bis

Dans un précédent article sur les *végétations métalliques*, (Voir *La Lumière Électrique* du 12 janvier 1884, t. XI, p. 114), nous avons donné, d'après La Condamine, plusieurs figures obtenues avec une dissolution d'azotate d'argent, où les métaux précipitants étaient principalement le zinc, le bismuth, le fer. L'analogie entre ces for-

mes (fig. 7, 7 bis, 7 ter et celles que M. Cardani a obtenues par l'électrolyse, (Voir *La Lumière Électrique*, t. X, p. 471, 472, Fig. 1, 2, 3, 4,) n'est pas douteuse.

La présence d'un métal, tel que le zinc, dans la dissolution argentique provoque l'affinité; le zinc se substitue à l'argent qui est mis à nu et forme dès l'origine et pendant toute la durée du phénomène, un petit couple votaïque qui active la décomposition.

Pour que les arborescences étendent au loin leurs rameaux, il faut qu'elles ne cessent pas d'être en contact par leur base, avec le métal précipitant, et de former dans toute leur longueur

Fig. 7 ter

un conducteur métallique continu par lequel se propage l'électricité issue de ce petit couple voltaïque des deux métaux en présence.

C. Decharme

A suivre.

LES SYMBOLES GRAPHIQUES

ET LES DESCRIPTIONS DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

Les électriciens se préoccupent depuis longtemps déjà de la nécessité de réformer notre notation électrique, et des commissions ont été nommées dans ce but, tant en France qu'en Angleterre, de sorte que les observations suivantes, ne seront peut-être pas sans intérêt.

La description au moyen de symboles graphiques d'appareils et d'installations électriques est un sujet qui intéresse plus ou moins tous les électriciens, non seulement pour leurs études, mais aussi pour tout ce qui concerne les brevets et pour leur travail journalier.

En ce qui concerne la descriptions des appareils électriques, il y a, comme en toute autre chose, une bonne et une mauvaise manière de procéder, ou plutôt il n'y en a qu'une bonne et beaucoup de mauvaises : ce sont ces dernières qu'on voit le plus souvent appliquées.

Cela est fort regrettable, car une description obscure ou défectueuse d'un appareil, représente une perte de temps, d'argent et d'intelligence. C'est une perte de temps pour les personnes qui la lisent, sinon pour l'auteur; et il y a également une perte de travail pour le lecteur qui comprendra bien plus facilement les principes et la construction d'une machine ou d'un système, si l'explication en est claire.

Personne n'ignore que la lecture de la description d'une nouvelle invention est souvent une source d'idées nouvelles pour le lecteur, et cela, d'autant plus qu'il lit avec facilité et plaisir.

Je me propose donc d'indiquer brièvement ce qui me parait être la bonne manière de décrire un appareil ou un système électrique, et peut-être d'autres personnes plus expérimentées voudront compléter mes observations.

La description d'un appareil électrique, ou autre, doit comprendre :

1° L'objet de l'invention ;

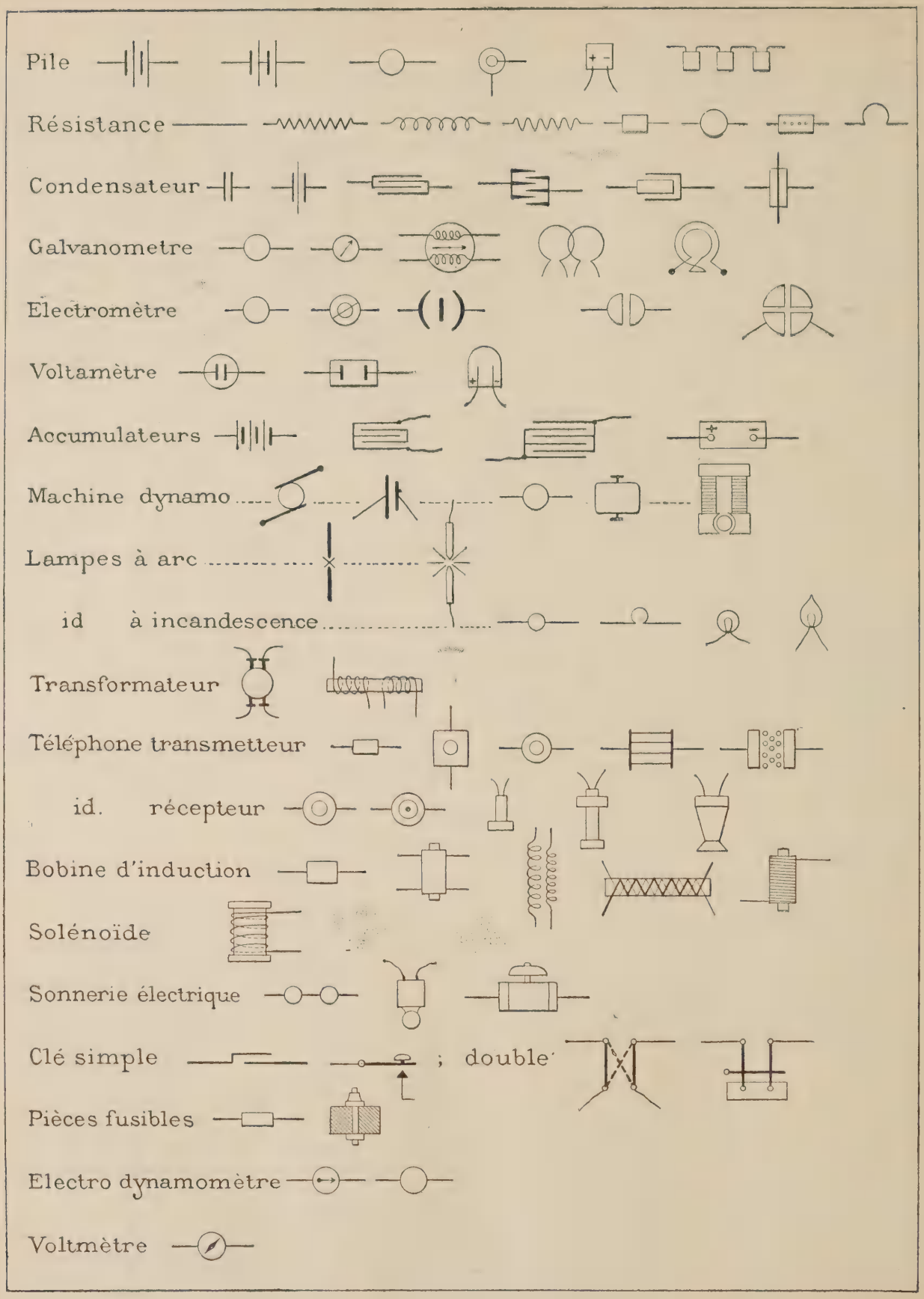
2° Son but;

3° Les moyens employés pour le réaliser.

Le sujet ou le fond de l'invention est généralement indiqué par le titre qui doit être compréhensible sans être trop long. La description passera ensuite au but de l'invention, qui doit être clairement exposé.

Ensuite vient la description des procédés et moyens employés pour réaliser ce but, et cette partie comprend, naturellement, le principe d'action de l'appareil et son fonctionnement.

Le principe d'action doit être bien mis en lu-


Pile
Résistance
Condensateur
Galvanometre
Electromètre
Voltamètre
Accumulateurs
Machine dynamo
Lampes à arc
id à incandescence
Transformateur
Téléphone transmetteur
id. récepteur
Bobine d'induction
Solénoïde
Sonnerie électrique
Clé simple ; double
Pièces fusibles
Electro dynamomètre
Voltmètre

mière, au besoin avec des dessins, des exemples et des analogies.

Quand le principe a été bien compris, le lecteur n'aura pas de peine à suivre les détails de la construction et le fonctionnement de l'appareil, s'ils sont clairement exposés. Il faut commencer par la description des organes principaux, et laisser les détails auxiliaires pour la fin. Tout ce qui sert à élucider le principe de la machine, doit venir avant le reste.

Le style doit être précis et clair. Le lecteur ne doit pas s'attendre à trouver des qualités littéraires dans une description de ce genre, pas plus qu'on ne demande des qualités artistiques à un dessin technique; mais plus il y a d'ordre et de précision dans le style, mieux cela vaut; on évite ainsi la fatigue intellectuelle, et on produit une plus grande impression.

Un langage précis et clair doit être accompagné de bons dessins, et il est préférable d'avoir un

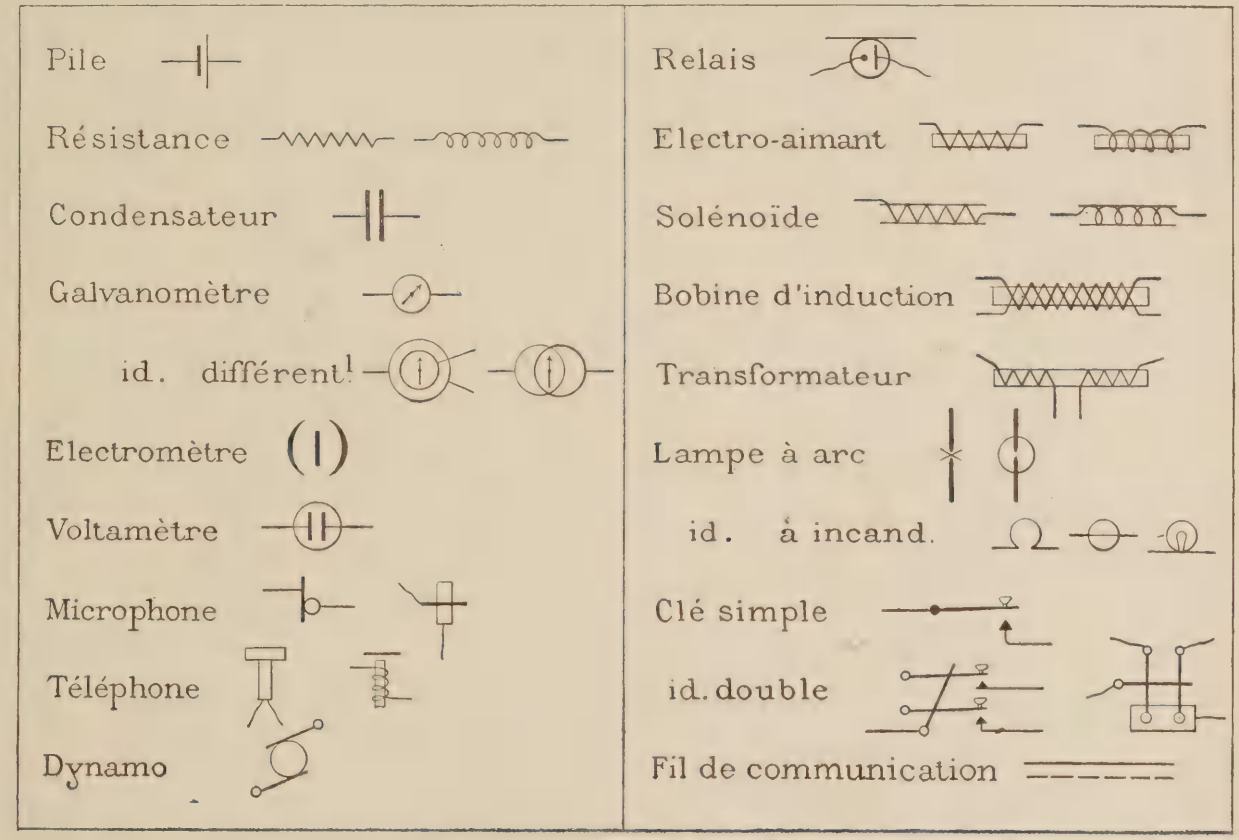


diagramme théorique de l'appareil, pour expliquer son fonctionnement, ainsi qu'un dessin d'ensemble. On peut relier les deux dans la description, en employant les mêmes désignations.

Le schéma ou le diagramme des communications, forme une partie importante de la description d'un d'appareil ou d'une installation électrique, et cette partie ne peut pas être trop claire et trop simple. Il faut pouvoir le comprendre rien qu'en le regardant ou presque sans avoir recours au texte. Mais pour cela, il est indispensable qu'on ait adopté un certain nombre de signes conventionnels pour les divers appareils, ou éléments qui entrent dans les diverses combinaisons.

Ces symboles n'exigent plus alors à être distingués par des lettres ou des noms et, par conséquent, le dessin n'est pas surchargé sans nécessité. L'œil peut facilement suivre les communications sans l'aide du texte et l'on supprime ce travail énervant qui consiste à passer continuellement d'une figure à un texte et *vice versa*, bien heureux encore, si les exigences de la typographie n'obligent pas le lecteur à passer d'un feuillet à un autre.

La commission de nomenclature de la *Society of Telegraph Engineers and Electricians* s'occupe, en ce moment, de choisir les meilleurs symboles, et l'urgence d'une réforme de ce genre, se comprendra par les quelques exemples de symboles que nous avons réunis dans le tableau précédent, et qui sont tirés d'un certain nombre de journaux techniques récents.

Comme on le voit, on n'a que l'embarras du choix, et le lecteur engagé dans ce fouillis inextricable a bien peu de chance d'en sortir.

Par l'examen du tableau précédent, et en interrogeant ses souvenirs, on remarquera qu'il y a une uniformité assez grande pour les symboles représentant *une terre*, de même que pour ceux qui représentent des godets à mercure.

La représentation d'une dynamo par un cercle représentant l'induit, et par ses balais, est assez ordinaire, mais on trouve également d'autres symboles.

Le même signe est souvent employé pour des choses absolument disparates ; par exemple, le même signe représente souvent une dynamo, une pile, une lampe électrique, une bobine de résistance, un galvanomètre, un électromètre et un électrodynamomètre ; un autre signe représente une lampe électrique, et une résistance et celui du condensateur s'applique également pour un voltamètre et une pile secondaire.

Dans le même article d'un même journal et dans la même figure, on trouve parfois différents signes employés pour désigner le même appareil.

Si la forme typique de ces signes était fixée, il n'y aurait pas de difficulté à les reconnaître, malgré une certaine licence d'application.

Il faut espérer que la Commission dont nous parlions saura faire un bon choix de symboles, auxquels il faudra alors se conformer dans les livres et articles qui constituent le fond de l'éducation des électriciens.

Il convient de les rendre aussi simples et aussi distincts les uns des autres que possible. Les formes groupées dans notre second tableau sont déjà employées ou ont été soumises à l'appréciation de la Commission.

On le voit, par ces exemples, il ne serait peut-être pas très difficile d'arriver à une uniformité plus satisfaisante ; mais par malheur, la grande difficulté, est qu'il manque toujours une sanction aux décisions que peut prendre tel ou tel groupe, et l'on peut craindre que l'on ne retombe bien vite dans les errements primitifs. J. Munro

LE

RÉGULATEUR DE M. MENGES

Malgré le nombre déjà si considérable des régulateurs à arc, on a, chaque jour, à enregistrer de nouveaux brevets portant sur des dispositifs plus ou moins compliqués ; il est vrai que, par contre, on a moins souvent à y revenir et à parler de leurs applications pratiques.

La lampe de M. Menges, que nous voulons faire connaître à nos lecteurs, a également un brevet à son origine, et même un brevet qui est loin d'être récent, puisqu'il remonte au mois de janvier 1885, mais l'inventeur n'en est pas resté là, et en modifiant les types primitifs (fig. 2 et 3). il est arrivé dernièrement à construire un régulateur (fig. 1) [1] qui ne rappelle ceux-ci que d'assez loin, mais qui nous paraît devoir être recommandé tout particulièrement, en raison de son extrême simplicité. Celle-ci ne nuit du reste pas à son bon fonctionnement, comme nous avons pu le constater de nos yeux à l'École de Physique et de Chimie de la ville de Paris, où un modèle de cette lampe a été mis en expérience.

Si la forme et les dispositifs mécaniques des lampes de M. Menges ont été modifiés, l'organe régulateur principal, qui sert à la fois à l'établissement de l'arc et au réglage continu, n'a pas varié, et son principe nous paraît à la fois original et très heureux.

Il consiste en un solénoïde différentiel B agissant, non pas sur un noyau de fer doux, mais un aimant permanent *n s*, et en travail normal, c'est-à-dire pour la longueur d'arc voulue, l'action électro-magnétique de ce solénoïde doit être nulle, en sorte que l'aimant soit en équilibre en toute position.

Dans l'ancien type, (fig. 2 et 3), le charbon supérieur C et l'ensemble du porte-charbon inférieur et de l'aimant *n s*, se tiennent en équilibre, en toute position, étant fixés à des brins flexibles attachés à deux poulies de même axe, dont les rayons sont choisis de manière à assurer la fixité du foyer.

[1] Addition du mois de juillet 1887 au brevet principal

Le porte-charbon inférieur est soutenu, par la butée du charbon qui est directement fixé à la chaîne, contre deux doigts *h* en métal réfractaire (platine iridié par exemple).

L'aimant *n s*, fixé au porte-charbon, soit à la partie supérieure, soit à la partie inférieure, se déplace dans le solénoïde B solidaire de la partie fixe du bâti.

L'aimant doit être d'une polarité telle que les charbons soient amenés au contact par l'action du courant qui s'établit en premier lieu, dans le cas où les charbons ne se touchent pas, soit par celui de la dérivation.

L'arc s'établit et s'allonge jusqu'à ce que, par suite de l'effet inverse du circuit direct, l'action sur l'aimant soit nulle ; on a alors atteint la longueur normale qui ne dépend, comme on voit, que de la constante de la distribution et des rapports des enroulements.

On comprend immédiatement que, à mesure

Fig. 1

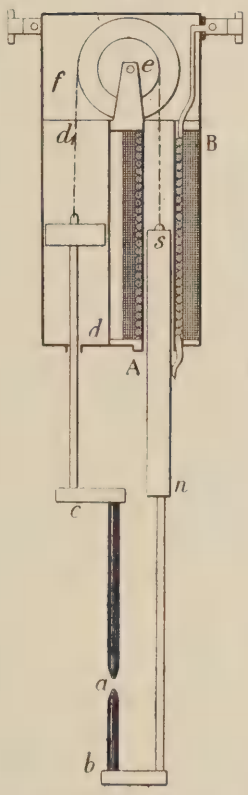


Fig. 2

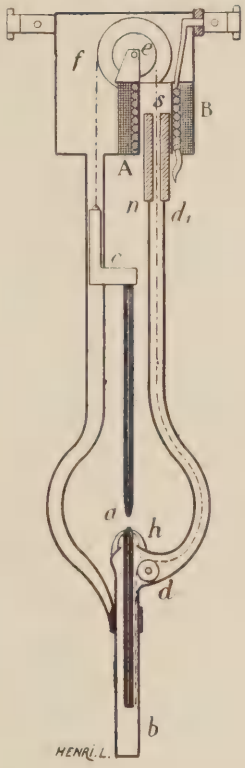
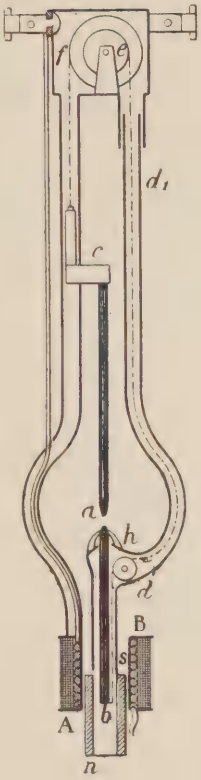


Fig. 3



que l'arc s'allonge, l'action de l'un des enroulements augmente ou diminue, suivant les cas, l'effet résultant étant toujours de rapprocher les charbons.

Dans le dernier modèle (fig. 1), la construction a été de beaucoup simplifiée, et la seule partie mobile est alors l'aimant *ns* et le porte-charbon inférieur ; mais on a ajouté un dash-pot ou piston à air *d d'*, placé avec le solénoïde à la partie supérieure de la lampe ; le tout est enfermé dans un cylindre en métal, comme à l'ordinaire.

Sur la figure, le courant est supposé amené au charbon inférieur par un frotteur ; en réalité, le courant est amené aux charbons par les brins même de suspension, qui sont constitués par des rubans métalliques flexibles, qui s'enroulent sur une poulie formée de deux parties isolées, de diamètres égaux ou inégaux, suivant qu'on veut avoir une lampe focale ou non.

Nous avons toujours parlé de *ns* comme d'un aimant permanent; en réalité dans le modèle que nous avons vu, c'est un électro-aimant excité par le courant principal. L'emploi d'un aimant pourrait présenter certains inconvénients : il pourrait se présenter des cas, dans lesquels son aimantation serait renversée, ce qui naturellement mettrait la lampe hors service.

E. Meylan

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur la nature des phénomènes électrocapillaires, par M. Vaschy [1].

« On sait que la tension superficielle A de deux liquides au contact est liée à leur différence de potentiel x par la relation

$$-\frac{d^2 A}{d x^2} = C \qquad (1)$$

C désignant la capacité de polarisation voltaïque de la surface de contact, comme l'a montré M. Lipmann grâce à certaines hypothèses. C étant constant dans d'assez larges limites, la relation (1) donne par intégration

$$A = A_m - \frac{1}{2} C (x - x_0)^2 \qquad (2)$$

A_m et x_0 étant des constantes. On interprète cette formule en admettant que $(x - x_0)$ représente la différence vraie de potentiel V au contact, et que A_m est la tension superficielle due aux actions moléculaires, les actions électriques ayant pour effet de la réduire de la valeur

$$\frac{1}{2} C V^2 = -A_e \qquad (3)$$

« On peut retrouver ces résultats par la méthode suivante. Soient deux feuillets magnétiques S_1 et S_2 tels, que la variation brusque de potentiel existant à la surface de chacun d'eux soit égale à V.

« Leur action réciproque se calculera comme celle de deux courants, d'intensité $i = V/4\pi$, qui suivraient leurs contours dans le sens indiqué par la règle d'Ampère. Cette action est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à V^2, que les feuillets soient constitués par des couches magnétiques réelles, ou que la variation V de potentiel soit due à toute autre cause. Cela est vrai à la limite lorsque les contours Σ_1 et Σ_2 se rapprochent indéfiniment et viennent se confondre en un seul Σ, les feuillets S_1 et S_2 formant ainsi deux parties contiguës et raccordées d'un feuillet unique S. Comme, d'après la règle d'Ampère, les courants $i = V/4\pi$, infiniment rapprochés, sont de sens contraire, ils se repoussent.

« Il en résulte que deux parties contiguës d'une surface S, sur laquelle existe une variation brusque de potentiel V, exercent l'une sur l'autre une répulsion qui, par unité de longueur de la ligne de séparation Σ, sera de la forme $CV^2/2$, C étant une constante aux divers points de la surface si l'état de celle-ci est uniforme. Ceci s'appliquera évidemment au cas où V est une différence de potentiel électrique et où S est la surface de contact de deux corps quelconques.

« On peut aller plus loin et calculer le coefficient C en introduisant une hypothèse, savoir que la surface S possède une épaisseur ε extrêmement faible et que la variation V de potentiel se produit d'une manière continue et uniforme dans l'épaisseur ε.

« On trouve alors $C = 1/8\pi k\varepsilon$, k désignant le coefficient de la formule fondamentale d'électrostatique ; et C ne serait autre chose qne la capacité de polarisation voltaïque.

« L'hypothèse précédente revient du reste à considérer les deux corps au contact comme formant un condensateur, dont la lame diélectrique aurait une épaisseur ε. Si l'on considère, sur les deux corps respectivement, les bases σ et σ' d'un tube de force, soumises aux pressions électriques opposées $p\sigma$ et $p'\sigma'$, l'ensemble de ces deux éléments subira une poussée égale à $(p\sigma - p'\sigma')$ dans le sens de σ vers σ', c'est-à-dire vers la convexité de la surface de contact, si $\sigma' > \sigma$. La courbure de la surface étant $(1/R + 1/R')$, on trouve, tous les calculs faits, pour la poussée par unité de surface, en remarquant que $p\sigma^2$ est égal à $p'\sigma'^2$,

$$\frac{p\sigma - p'\sigma'}{\sigma} = p\varepsilon\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) = \frac{V^2}{8\pi k\varepsilon}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right)$$

On conclut de là, par une démonstration connue, l'existense d'une tension superficielle négative égale à

$$A_e = -\frac{V^2}{8\pi k\varepsilon} = -\frac{1}{2} C V^2$$

ce qui confirme le résultat trouvé plus haut.

[1] Note présentée à l'Académie des Sciences, le 4 juillet 1887.

« La considération de l'épaisseur ε, quoique hypothétique, s'impose par raison de continuité, la variation V ne devant pas être absolument brusque. L'expérience montre que ε varie peu avec V, malgré les énormes pressions électrostatiques qui attirent les deux corps l'un vers l'autre (exemple : $\varepsilon = 1^{mm}/34000000$, $p = 52000$ atm. pour $V = 1$ volt). Toutefois, il n'y a pas de raison pour que l'épaisseur ε soit uniforme ; au contraire, elle doit être irrégulière, en raison de la discontinuité des molécules.

« En s'affranchissant de l'hypothèse de l'uniformité de l'épaisseur ε, on arrive à un résultat remarquablement simple. Considérons un tube de force limité, comme précédemment, aux bases σ et σ'. Dans la théorie des actions de proche en proche, ce tube ne subit sur ses bases aucune action de la part des corps conducteurs, dont les potentiels sont constants ; mais il est soumis sur ses faces latérales à une pression, que nous désignerons par P par unité de longueur du périmètre de base. Cette pression ou répulsion est exercée par les tubes de force contigus, suivant les idées de Faraday et de Maxwell. *La tension superficielle* A_1, *due à la différence de potentiel de deux corps au contact, ne serait donc autre chose que la pression transversale développée dans le diélectrique interposé entre les deux corps.* Si ε était constant, on retrouverait la formule $P = V^2/8\pi k\varepsilon$. »

Note sur l'altération qu'éprouve le charbon de cornue lorsqu'il sert d'électrode positive dans la décomposition des acides, par MM. H. Debray et Pèchard (1)

Chacun sait que les charbons employés comme pôles positifs, dans les piles de Bunsen par exemple, se désagrègent peu à peu en donnant une poudre noire très divisée ; d'après les auteurs de cette Note, ce fait ne serait pas dû à un phénomène mécanique, mais elle résulterait d'une altération plus ou moins profonde de la matière.

Ils ont trouvé que le résidu pulvérulent contient de l'oxygène, de l'eau et même de l'azote dans le cas où l'on électrolyse de l'acide nitrique. Ces diverses matières se sont donc unies au charbon sous l'influence du courant électrique.

Les auteurs ont employé dans leurs expériences des charbons purifiés par l'action du chlore à haute température, et avec les liquides qu'ils ont employés, la désagrégation du charbon ne se produisait nettement qu'avec le courant donné par quatre éléments Bunsen. Le volume du gaz dégagé à l'électrode positive est bien loin d'être la moitié du volume d'hydrogène dégagé à l'électrode négative, comme on l'avait déjà remarqué.

Avec l'acide chlorhydrique, le gaz dégagé à l'électrode positive était un mélange de chlore, d'acide carbonique et d'oxygène. Avec l'acide sulfurique, il se dégage seulement de l'oxygène et de l'acide carbonique. Enfin, avec l'acide nitrique, il se produit un abondant dégagement de vapeurs nitreuses contenant de l'acide carbonique. Dans cette dernière expérience, si l'acide est concentré, le charbon se désagrège à vue d'œil. Une baguette de 4 c. m.^{2} de section est rongée en quelques heures, et l'usure a lieu sur la face tournée vers l'électrode négative.

Quel que soit l'acide électrolysé, la poudre noire, bien lavée et séchée dans le vide, déflagre quand on la chauffe dans un tube de verre au-dessous du rouge. Il se dégage dans cette circonstance de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et, en outre, de l'azote, si le liquide décomposé est de l'acide azotique.

Le charbon qui a déflagré dégage encore, sans changer d'aspect, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, lorsqu'on le chauffe au rouge vif.

D'après l'analyse chimique des produits gazeux dégagés par le résidu de charbon, les auteurs ont trouvé que la quantité totale d'oxygène fixé par le charbon qui sert d'électrode daus la décomposition des acides peut atteindre 9 et 10 o/o, et que la quantité d'eau fixée par ce charbon peut atteindre 8 o/o, de sorte que la somme des matières fixées par le charbon peut aller jusqu'à 18 o/o dans le cas de l'acide sulfurique.

L'acide chlorhydrique soumis à l'électrolyse, séparé du charbon et évaporé dans le vide, ne donne qu'un résidu inappréciable de sels minéraux dû à la purification incomplète du charbon ou à l'attaque des vases. Il ne s'est formé dans ce cas aucune matière organique soluble.

E. M.

(1) Voir *Comptes Rendus*, t CV, p. 27, 1887.

Quelqnes données sur les machines dynamos

Les résultats d'essais sur les machines dynamos, publiés jusqu'à ce jour, forment déjà un dossier considérable, et qui s'accroit tous les jours. Certes, c'est une tâche difficile d'en extraire des données correctes, vu le manque complet d'homogénéité de résultats dûs à un grand nombre d'expérimentateurs divers, employant des méthodes de valeurs très inégales, et souvent même publiés sans indications suffisantes qui permettraient d'en faire une critique rétrospective.

C'est un peu le reproche que l'on pourrait faire aux résultats suivants, donnés par deux électriciens américains ; nous les reproduirons cependant, sans nous faire trop d'illusions sur leur valeur, et en traduisant les mesures anglaises en mesures françaises.

Le premier tableau contient les résultats fournis par un certain nombre de machines dynamos, réunis et complétés par M. D. Jackson de l'Université de Cornell (1).

Machine	Induit	Tours par minute	Vitesse périphérique	I	II	III	*F.É.M.*	Courant	Autorité
			mètres	volt	volt	volt			
Edison-Hopkinson.....	Siemens.	800	10,5	1,49	0,143	0,0020	110	300	Crompton et Kapp.
Edison.....	»	1750	14,3	1,03	0,072	0,0006	125	40	»
Weston.....	»	1000	9,3	0,77	0,085	0,0008	150	20	Pr. Anthony.
Mather.....	»	2750	16,0	1,72	0,108	0,0007	125	40	»
Wenstroem.....	»	460	11,0	0,75	0,068	0,0017	110	190	La Lumière Électriq.
Siemens (60 centimètres)..	»	3000	9,4	0,60	0,066	0,0002	70	—	Pr. Anthony.
Manchester.....	Gramme.	1050	16,5	1,33	0,083	0,0013	110	220	Crompton et Kapp.
Crompton.....	»	400	8,1	0,76	0,094	0,0019	600	120	Electrician.
» (à galvanoplast.)	»	700	14,2	1,01	0,077	0,0016	110	490	»
Crompton.....	»	—	—	—	0,105	—	110	217	Crompton.
»	»	—	—	—	0,077	—	110	100	»
»	»	—	—	—	0,061	—	60	33	»
Elwell-Parker.....	»	—	—	—	0,088	—	110	460	»
» 4 pôles.....	»	—	—	—	0,072	—	—	—	Kapp.
» 2 pôles.....	»	—	—	—	0,050	—	—	—	»
Kapp.....	»	—	—	—	0,077	0,0016	110	125	Crompton et Kapp.
Goolden-Trotter.....	»	800	15,0	1,25	0,083	0,0011	130	200	Ravenshaw.
»	»	765	10,7	0,87	0,081	0,0010	56	285	»
»	»	950	14,3	0,96	0,067	0,0010	60	200	»
Sperry (pièces polaires int.)	»	750	15,8	0,75	0,047	0,0004	850	23	»
Gramme (ancien type).....	»	1000	14,4	0,36	0,025	0,0003	200	25	Pr. Anthony.
Raffard-Bréguet	»	1400	14,8	0,38	0,024	0,0003	110	35	Crompton.
Ball (Unipolaire).....	»	1380	19,0	0,44	0,018	—	470	8	Elec. and Elec. Eng. N Y.
»	»	1180	—	0,37	—	0,0003	710	8,2	»
Deprez.....	»	216	7,4	0,27	0,036	0,0012	3000	9,9	Levy et Kapp.
Phœnix.....	Pacinotti (à dents)	—	—	0,96	0,064	0,0020	110	380	Crompton et Kapp.
Brush.....	Brush.	850	23,4	0,66	0,029	0,0008	3000	9,5	»
Thomson-Houston (arc)...	Thomson-Houston	—	—	—	0,021	—	2000	10	Kapp.
»	»	900	18,9	0,37	0,020	0,0004	700	10	»
» incandescence	»	1250	21,7	1,20	0,056	0,0010	80	200	»
Van Depoele.....	Gramme.	800	21,5	0,79	0,022	0,0006	550	60	»

Les colonnes, I, II et III donnent respectivement la force électromotrice engendrée par mètre de fil de l'induit ; cette force électromotrice réduite à une vitesse de un mètre par seconde, et enfin, la force électromotrice produite par mètre de fil et réduite à un tour par seconde.

Les machines indiquées *Siemens* 60 cms, et *ancien type Gramme*, ont toutes deux été construites au laboratoire de l'Université de Cornell. La première est entièrement en fer forgé, la seconde a les pièces polaires et les culasses en fonte.

De leur côté, MM. Clifford, Pickernell et Burtlett, (3), de l'*Institut Technologique* de Massachussets, ont fait un certain nombre de déterminations de rendement de très petits moteurs, comme on en voit maintenant beaucoup aux États-Unis.

(1) *The Electrician and Electrical Engineer*, avril et juin 1887.

(2) Voir *Technology Quarterly*, v. I n° I, (*Mass. Inst. of Techn.*).

Le rendement dont il s'agit ici est le rendement, total ou commercial, il est déterminé par le rapport :

$$\mu = \frac{\text{puissance mécanique}}{E\,I}$$

La puissance fournie par le moteur a été déterminée au moyen de diverses méthodes dont l'indication est trop sommaire pour que nous y insistions ici; les mesures électriques, de courant et de différence de potentiel aux bornes ont été faites aux moyens de galvanomètres gradués de S. W. Thomson.

Nous résumons dans le tableau suivant, les principaux résultats obtenus.

Moteur	Courant total	Différence de potentiel aux bornes	Vitesse pour le rendement maximum	Puissance en chevaux correspondante	Rendement maximum	Puissance maximum	Poids en kilos	Poids par cheval
	ampères	volts			en 0/0			
Griscom	3,94	6,74	1400	0,006	17,0	0,0200	1,1	55
Ayrton et Perry	14,40	11,10	831	0,081	33,4	0,1717	17,6	102
Gramme (à petite lumière)	5,29	157,6	2227	0,932	84,5	1,3000	77,4	59
Gramme (magnéto)	12,60	27,40	2067	0,136	29,8	0,1500	31,5	210
Thompson	4,90	8,50	2370	0,012	21,7	0,0136	2,8	206
Deprez	4,74	10,40	2140	0,011	16,6	0,0136	4,3	316
Monarch	4,85	5,78	578	0,004	10,1	0,0041	2,7	658
Cleveland	6,78	12,00	1360	0,054	49,8	0,1274	8,3	65
Edison	0,82	90,50	4065	0,051	51,4	0,0538	6,9	130
Diehl, n° 1	7,65	16,50	4180	0,021	12,3	0,0207	4,3	207
Diehl, n° 2	6,12	15,10	2480	0,031	24,9	0,0305	9,0	294
Hill, n° 1	4,77	10,30	2036	0,010	14,8	0,0119	3,2	268
Hill, n° 2	5,04	15,10	3030	0,032	31,6	0,0370	7,2	194

La première colonne donne le courant total, la seconde la différence de potentiel aux bornes, la troisième, la vitesse correspondant au rendement maximum ; les quatrième et cinquième indiquent la puissance et le rendement correspondants à cette vitesse particulière. Enfin, les trois dernières colonnes donnent le poids des moteurs en kilos, le travail maximum qu'on en peut obtenir et le nombre de kilos qui correspond à une puissance de 1 cheval.

Le plus grand nombre de ces moteurs sont connus; le moteur S. P. Thompson est celui qui est décrit dans son ouvrage ; la carcasse massive en est en fonte ; le moteur Monarch est formé d'une bobine dans le genre de celle à navette de Siemens avec commutateur fendu, tournant à l'intérieur d'un électro cylindrique à pôles conséquents.

Le moteur Cleveland est formé, comme le moteur Deprez, de deux bobines en navette, à angle droit ; les champs sont produits par deux inducteurs à pôles conséquents. Au lieu de balais, on a 4 galets de contact pressés par des ressorts. Le moteur Edison essayé était un petit modèle du type ordinaire, mais enroulé en série.

Le moteur Hill a ses électros placés en dessous de l'armature, qui comprend elle-même 8 bobines radiales.

Comme on le voit d'après le tableau, les résultats obtenus sont très différents et il n'y a pas à s'en étonner trop ; car, à côté de la grande variété de puissances qu'ils présentent, il faut remarquer qu'on est encore bien loin d'appliquer d'une manière rationnelle à ces petits moteurs les principes établis pour les grandes machines.

Au point de vue de l'utilisation de la matière, le moteur Griscom paraît assez satisfaisant, mais son rendement est faible ; la petite machine Gramme serait de beaucoup la meilleure, au double point de vue du rendement et du poids, mais elle est de beaucoup plus forte taille que les autres et ne leur est plus guère comparable.

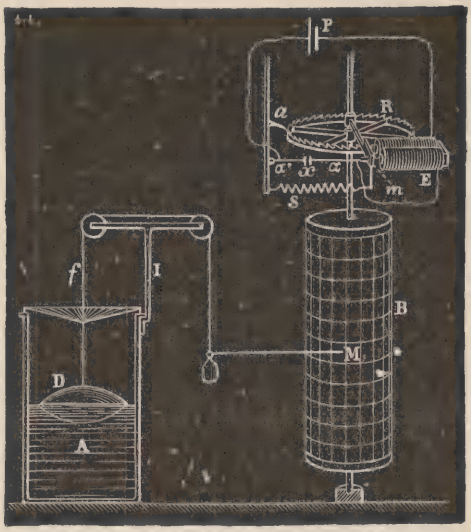
E. M.

Enregistreur udiométrique Genglaire

L'udiomètre primitif se compose, comme on sait, d'un simple vase recouvert d'un entonnoir, dont on recueille l'eau ; il est soumis à l'erreur provenant de l'évaporation continuelle de l'eau qu'il renferme; aussi, dans les stations météoro-

logiques, le remplace-t-on par des appareils enregistreurs mus par un mouvement d'horlogerie, et de leur tracé on peut déduire, soit la quantité d'eau tombée, soit la correction due à l'évaporation.

M. Genglaire propose d'employer un petit mo-



teur électrique pour actionner le tambour de l'enregistreur et, en outre, il emploie un dispositif tel que l'ordonnée de la courbe tracée donne immédiatement la correction due à l'évaporation.

Voici le schéma de ce dispositif, tel que nous le transmet l'auteur ; nous ne savons s'il a été appliqué.

A est le réservoir de l'udiomètre, garni d'un treillage ou d'un entonnoir à la partie supérieure, et dans lequel un flotteur D, équilibré par un contrepoids C, transmet à un inscripteur particulier M ses mouvements verticaux. La tige *b* qui porte le stylet est naturellement guidée, de manière à se déplacer verticalement et à appuyer contre la surface du tambour B qui est recouvert de cire blanche. L'inscripteur M est disposé de sorte que, pour un mouvement ascendant, la pointe appuie et marque un trait sur le tambour, tandis que, pour le mouvement contraire, elle glisse légèrement sans marquer.

Le tambour B étant entretenu en rotation par le moteur que nous allons indiquer, il résulte de la disposition employée, que chaque fois que le niveau montera, le traceur ne marquera rien, tandis que, lorsque l'évaporation fera baisser le niveau de l'eau, il tracera une courbe, dont l'ordonnée devra être ajoutée au niveau observé dans le réservoir pour avoir la hauteur vraie d'eau tombée.

On peut, naturellement, munir le cylindre d'un axe fileté, pour que les courbes ne se recouvrent pas, mais il faudra en tenir compte en prenant les ordonnées.

Le moteur électrique proposé par M. Genglaire, se compose d'un électro-aimant E, excité par une pile; l'armature en fer doux de cet électro est formée d'une lame mince, montée sur le même axe qu'une roue d'engrenage plane R à dents d'encliquetage et munie d'un rochet.

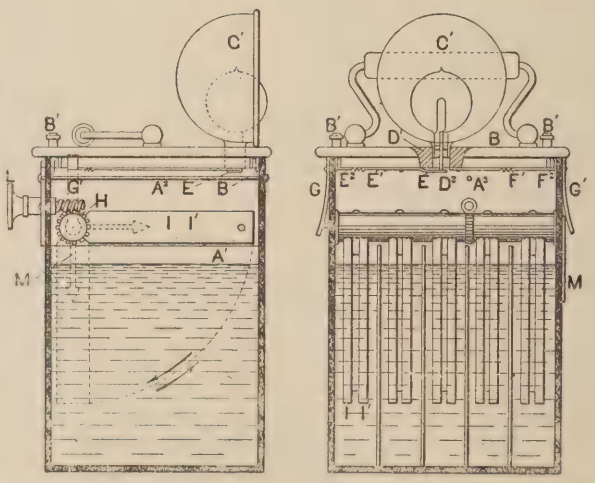
Par suite de son attraction, l'armature rompt le circuit de la pile en *x*, comme c'est indiqué ; elle est ramenée en arrière par un ressort *s* et elle remonte alors sur la partie arondie des dents.

On voit qu'on réalise ainsi un mouvement continu de la roue R, qui est montée sur l'axe du tambour B. Ce moteur sera-t-il d'une construction plus simple et d'un fonctionnement plus sûr qu'un mouvement d'horlogerie ? C'est ce qu'on ne peut dire qu'en le voyant fonctionner.

E. M.

Lampe portative Friedlaender

On a déjà proposé un grand nombre de dispositions de lampes portatives ou des lampes de sûreté,



réunissant en un tout, une pile primaire ou des accumulateurs et une petite lampe à incandescence ; c'est un dispositif de ce genre que M. Friedlaender a breveté dernièrement en Allemagne (n° 4213, 21 mars 1887), et de plus il y ajoute une batterie à immersion permettant d'augmenter la durée d'utilisation d'une charge.

Les figures ci-contre donneront une idée de cette lampe.

La pile, qui est naturellement à un seul liquide, est renfermée dans un vase extérieur divisée en autant de compartiments qu'il y a d'éléments; ceux-ci formés de charbon et de zinc I, I', sont fixés à un axe horizontal mobile A', qui se manœuvre de l'extérieur au moyen d'un bouton L à vis sans fin, engrenant avec une roue héliçoïdale ; la position des électrodes est indiquée à l'extérieur par une aiguille M.

Les éléments sont reliés en série et les contacts avec l'extérieur se font par les tourillons sur lesquels appuient des ressorts G G' ; ceux-ci sont mis en contact avec les bandes de cuivre E' F', en communication avec les deux extrémités du filament, lorsqu'on fixe le couvercle B sur la boîte, au moyen des vis et des écrous B' B'.

La lampe à incandescence est placée à l'intérieur d'un réflecteur C' ; enfin, le couvercle est muni d'un poignée.

D'après l'inventeur, avec une lampe de 3 bougies, on peut marcher pendant 3 heures et demie avec une charge, qui consiste en une solution de chlorure de zinc et de bichromate de potassium dans l'acide chlorhydrique dilué ; l'inventeur recommande également d'y ajouter de l'iode et de la glycérine (?).

Cette lampe est destinée aux usages domestiques, et comme lampe de sûreté pour les poudrières, fabriques, etc.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

La lumière électrique a Hambourg. — A l'occasion de la réunion annuelle du *Deutsche Verein von Gas und Wasser Fachmaennern*, qui a eu lieu à Hambourg, M. Volbeler a fait une conférence sur l'état actuel de la lumière électrique, et tout ce qui s'y rattache, à Hambourg. Je prends dans cette conférence les détails suivants :

Il y a à présent à Hambourg à peu près 70 installations électriques avec environ 4,500 lampes à incandescence et 300 lampes à arc. La force motrice est de 1,000 chevaux à peu près, dont 1/5 est fourni par des moteurs à gaz, et 4/5 par des machines à vapeur.

Parmi les installations d'une certaine importance, il y a une station, qui a pour objet de fournir de la lumière à une surface de bâtiments d'une étendue de 6,500 mètres carrés environ, et qui était projetée pour 1,000 lampes à 16 bougies normales. Mais, soit à cause de la situation peu favorable, soit que la police se soit montrée difficile quant aux concessions nécessaires, les travaux exécutés sont restés bien au-dessous du projet primitif.

Une seconde installation importante est située dans une grande maison de commerce, et semble avoir réussi à merveille. Le propriétaire de la maison est en même temps l'entrepreneur de la station électrique, et ne permet naturellement à ses locataires que l'emploi de la lumière électrique fournie par lui. Le consommateur paie 10 francs par an et par lampe (l'entrepreneur se chargeant de tout l'entretien nécessaire) et 5 centimes par heure pour la consommation d'électricité de chaque lampe de 16 bougies normales.

Une autre station pour 500 lampes à incandescence est en cours d'exécution tout près de la Bourse. Les entrepreneurs de cette installation se proposent de fournir de la lumière aux maisons environnantes.

L'influence de ces entreprises privées ne manque pas de se faire sentir à la Compagnie du gaz. L'accroissement dans la consommation de gaz, qui, pendant les dix années précédentes, était de 3 o/o, en moyenne, est tombé à 1/2 o/o pendant l'année dernière, et encore, ce demi pour cent est-il dû à l'éclairage des rues. Ce fait devient encore plus significatif si nous ajoutons que le prix du gaz a été baissé de 10 o/o depuis un an.

Comme la ville de Hambourg tire un profit considérable de l'affermage de ses usines à gaz (ce profit montait à plus de 3 millions de marks dans l'année 1885-1886) elle s'est vue dans la nécessité d'envisager carrément la situation, et de se demander si elle ne ferait pas bien de combiner l'exploitation de l'éclairage électrique avec celle de l'éclairage au gaz, en installant sous sa propre direction des stations centrales pour éclairage électrique.

Déjà, en 1882, la municipalité de Hambourg a fait construire et exploiter, à titre d'expérience, quatre installations.

La première, de quatre lampes à arc, fournit la lumière pour la salle de séance au Sénat de Hambourg ; la seconde, de sept lampes à arc, éclaire la salle de séance de la *Burgerschaft*, une sorte de parlement local ; la troisième actionne 16 lampes à arc, qui illuminent une place publique, le Rathhaus-Mark, et la quatrième, enfin, fournit le courant pour 9 lampes à arc distribuées dans trois hangars des quais.

Des moteurs à gaz donnent la force motrice nécessaire pour ces quatres installations. Depuis 1882, les lampes à arc dans les deux salles de séance ont été remplacées par des lampes à incandescence d'Edison, qui ont une consommation de 70-75 watts.

Les lampes à arc employées sont du système Piette et Krizik, à Pilsen. Jusqu'à présent elles ont eu une durée d'éclairage annuelle de 15000 heures à peu près.

En général, ces quatre stations ont travaillé d'une manière satisfaisante, et c'est principalement à cause de leur succès qu'on s'est décidé à éclairer les entrepôts du port franc de Hambourg à la lumiére électrique. L'installation projetée comprendra 50 lampes à arc à dix ampères, et 4,000 lampes à incandescence de 16 bougies normales.

Mais la municipalité de Hambourg a des projets plus grandioses encore. Elle a résolu de faire bâtir et installer complètement à ses propres frais une station centrale ; elle en cédera l'exploitation à la Compagnie du gaz, en se réservant une certaine partie des profits.

La station sera assez grande pour contenir les machines, etc., jusqu'à concurrence de 20,000 lampes à incandescence de 16 bougies, mais on se propose de se borner, pour le moment, à 1,000 lampes, et d'attendre quels seront les résultats obtenus avant d'aller plus loin.

On espère trouver des consommateurs pour ce nombre de lampes dans les maisons d'un carré de 400 mètres à peu près.

Dans ce carré, il y a à présent 40,000 becs de gaz, et comme il s'y trouve plusieurs cafés, ouverts pendant toute la nuit, et un grand nombre de restaurants ouverts jusqu'à minuit, on croit pouvoir compter sur une durée d'éclairage moyenne de deux heures par lampe.

Nouvelle pendule électrique. — On sait qu'il existe plusieurs systèmes de pendules actionnées à l'aide de piles. La pendule de Steinhauer et Rabe, à Hanau, dont la figure 1 donne une idée, se distingue en ce qu'elle est munie d'un pendule de torsion, au lieu du pendule ordinaire, et qu'elle n'exige, pour entretenir son mouvement, que très peu de force.

Un électro-aimant E (fig. 2 et 3) remonte un arc denté R muni d'un poids G. Ce poids actionne le pendule jusqu'à ce qu'un nouveau contact ait lieu entre le levier C fixé à l'arc qui, à ce moment, est descendu, et le levier N attaché à l'armature A. La force nécessaire est si petite qu'on n'a besoin

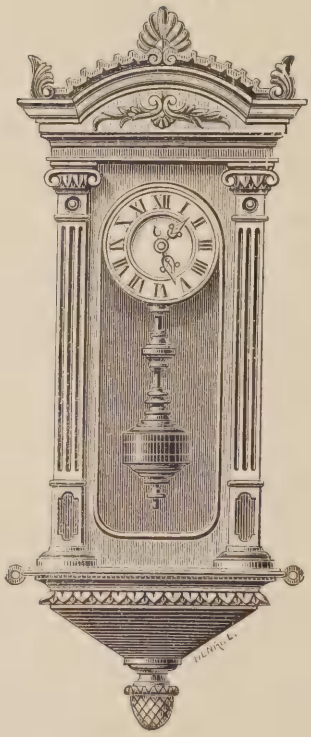


Fig. 1

que d'un contact toutes les heures et demie, ou toutes les deux heures, selon l'intensité de l'élément. Celui dont les inventeurs font usage est un grand élément sec de Gassner, qui est logé dans le dessus de la boîte de la pendule.

Les inventeurs garantissent que la marche et la régularité de cette pendule est absolument comparable à celles d'une pendule à ressort. Un avantage particulier de cette pendule est sa marche absolument silencieuse.

Le téléphone entre Berlin et Hambourg. — Depuis quelques jours la communication téléphonique entre Hambourg et Berlin est ouverte, et

fonctionne admirablement bien. La ligne, qui est aérienne, a une longueur de 300 kilomètres; elle consiste en deux fils de bronze phosphoreux d'un diamètre de trois millimètres, qui forment boucle à Hambourg et Berlin, et qui sont reliés

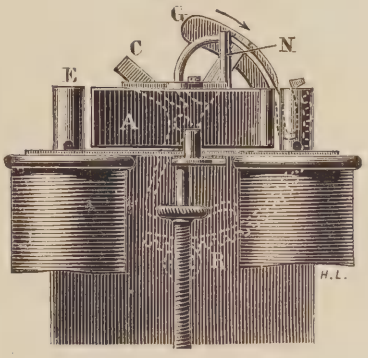


Fig. 2

par des translateurs avec les lignes des abonnés.

Non seulement les abonnés de Hambourg et de Berlin peuvent communiquer à l'aide de cette ligne téléphonique, mais les abonnés de Potsdam qui sont reliés avec Berlin, et ceux d'Altona qui sont reliés avec Hambourg peuvent également en profiter.

A titre d'expérience, on a relié les fils en bronze phosphoreux Hambourg-Berlin avec les fils en fer

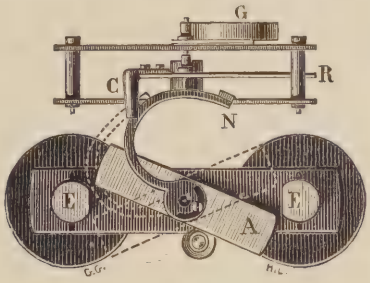


Fig 3

Hambourg-Brême, qui ont une double longueur de 150 kilomètres, et on a constaté une communication parfaite entre les deux bureaux, sur cette ligne mixte longue de 450 kilomètres.

Même en reliant à l'aide du translateur le fil d'un abonné de Berlin à la ligne mixte, la conversation était encore possible.

Dr H. Michaelis

Autriche

M. H. Luggin, de Prague, a communiqué à l'*Institut de physique* de l'Université allemande de cette ville, le travail suivant sur une nouvelle méthode très simple pour la mesure de l'intensité du champ magnétique, qu'il a appliquée avec l'aide de M. Jaumann, assistant de l'Institut.

Si l'on fait osciller un conducteur dans un champ magnétique, les courants induits dans ce conducteur produiront un amortissement proportionnel à la deuxième puissance de l'intensité du champ. Si la durée des oscillations est constante, cette puissance sera proportionnelle au décrément des oscillations.

Ce rapport déterminé semble présenter un moyen très simple pour comparer des champs magnétiques homogènes.

Comme conducteur oscillant, l'auteur a choisi une pièce de 1 florin qui était suspendue au moyen de deux fils de soie dans l'espace de 3,5 c. m. compris entre deux pièces polaires lisses, larges de 6 centimètres, hautes de 11 centimètres. Les faces de la pièce de monnaie avaient une position verticale et, au repos, parallèles aux lignes de forces, ce qui était facile à disposer au moyen d'un bouton de torsion.

En donnant un tour au bouton et en revenant ensuite à la position normale, on obtenait des oscillations autour d'un axe vertical. Mais, comme la pièce de monnaie était presque apériodique dans le champ magnétique, on l'a couverte des deux côtés de plaques épaisses en verre et l'on a fixé des miroirs dont l'un projetait dans une lunette l'image d'une l'échelle, et permettait d'observer le point de rebroussement du mouvement, qui détermine l'amortissement.

Les courants dans les électro-aimants ont été mesurés avec un galvanomètre de Wiedemann, installé à une distance de 3,6 mètres.

Avant chaque mesure, le florin était mis en oscillation, le courant était alors fermé et l'on observait en même temps l'intensité du courant et le degré d'amortissement.

Le résultat des mesures montre que dans ce cas, l'intensité du champ était proportionnelle à l'intensité du courant. Dans le tableau suivant, qui contient les différents résultats obtenus, n représente les déviations du galvanomètre Wiedemann déduites des tangentes.

Il a fallu affecter ces déviations d'un terme de correction à cause de l'action perturbatrice de

l'électro-aimant. λ représente le décrément logarithmique des oscillations exprimées en logarithmes vulgaires et, déduction faite du décrément provenant de la résistance de l'air ($\lambda_0 = 0{,}0007$). Comme la durée des oscillations est influencée par l'amortissement, les valeurs de λ devaient d'abord être rapportées à la durée d'oscillation du mouvement non amorti, et les racines carrées de ces valeurs doivent être proportionnelles aux intensité du champ.

Ces racines carrées multipliées par le chiffre 151,2 indiqué par les résultats, donnent les valeurs n' de la troisième colonne; la quatrième contient les différences $n - n'$.

λ	n	n'	$n - n'$
0.4020	93.49	92.84	+ 0.65
0.4010	92.73	92.72	+ 0.01
0.3932	92.26	91.85	+ 0.41
0.3703	88.95	89.18	— 0.23
0.3695	88.76	89.09	— 0.33
0.3691	88.12	89.05	+ 0.07
0,3524	88.39	87.07	+ 1.32
0.2270	69.95	70.38	— 0.43
0.2139	67.98	68.38	— 0.40
0.1768	62.46	62.43	+ 0.03
0.1503	57.04	57.73	— 0.69
0.1415	55.05	56.04	— 0.99
0.1182	51.15	51.30	— 0.15
0.1136	49.98	50.35	— 0.37
0.0574	35.71	35.88	— 0.17
0,0245	24.23	23.50	+ 0.73
0,0241	24.56	23.34	+ 1.22
0.0162	19.59	19.01	+ 0.58

Les trois derniers résultats sont probablement influencés par l'action assez considérable pour des courants aussi faibles, du magnétisme rémanent dans les pièces polaires. Il est d'ailleurs probable que les différences entre les chiffres de la troisième colonne et de la quatrième colonne sont attribuables à des variations du zéro du galvanomètre.

Les courants qui traversent les électro-aimants y laissent toujours un certain magnétisme rémanent qui souvent déplace la position du zéro du galvanomètre de plusieurs divisions.

On a cependant pris la précaution de renverser la direction de courant pour chaque expérience successive et de prendre la moyenne des deux zéros successifs, mais les zéros ainsi calculés variaient toujours un peu. Les plus grandes variations dans le résultat final correspondent aux plus grandes oscillations.

Il serait intéressant de connaître les limites entre lesquelles la proportionnalité de l'intensité de courant et du champ a lieu ; c'est ce qu'ont déterminé M. O. Tumlirz et l'auteur. D'après les déviations d'une bobine suspendue à des fils et parcourue par des courants connus, soit dans le champ magnétique terrestre soit dans celui de l'électro-aimant, il résulte que l'intensité de ce dernier champ était égale à 47,20 H i, H étant la composante horizontale du magnétisme terrestre, qui a été déterminée et trouvée égale à

$$0{,}203 \left(c\,m^{-1/2}\, g^{1/2}\, \text{sec.}^{-1} \right)$$

i est l'intensité de courant dans les bobines de l'électro, en ampères. Une intensité de 0,048 ampère correspondait à une déviation d'une division de l'échelle du galvanomètre Wiedemann, et par suite un courant d'une division donnerait lieu à un champ de

$$0{,}4599 \left(c\,m^{-1/2}\, g^{1/2}\, \text{sec.}^{-1} \right)$$

et dans les mesures données plus haut, les champs variaient entre 42,69 et 8,742. Si l'on tient compte des modifications dans la durée de l'oscillation provoquées par des changements de la suspension, on pourra naturellement toujours employer une partie de l'échelle graduée de cette manière, à mesurer des champs magnétiques, même si ces derniers proviennent de courants alternatifs.

On peut estimer des champs très puissants directement par des observations de l'amortissement. Une bobine circulaire, fermée sur elle-même étant à l'état de repos, avec son axe perpendiculaire aux lignes de force d'un champ homogène, elle sera parcourue, pendant qu'elle oscille autour d'un axe vertical, par un courant $-i = F\,H\,\omega / R$. F étant la surface des spires, R la résistance, ω la vitesse angulaire et H l'intensité du champ. Ce courant d'induction provoque un moment $H^2 F^2 \omega / R$ qui retarde le mouvement.

Le décrément logarithmique provenant des courants induits est donc, en logarithmes vulgaires :

$$\lambda = 0{,}43429 \frac{\frac{1}{2}\frac{F^2 R^2}{R}}{\sqrt{\left(\frac{K}{\tau}\right)^2 - \frac{1}{\pi^2}\left(\frac{1}{2}\frac{F^2 H^2}{R}\right)^2}}$$

formule dans laquelle K représente le moment d'inertie et τ la durée d'oscillation.

Quand un anneau fermé en cuivre dont le diamètre est petit comparé au rayon, oscille dans un champ de 20 unités avec une durée d'oscillation de 10 secondes, son décrément logarithmique est supérieur de $\lambda = 0{,}02791$ au décrément d'un anneau semblable mais fendu. La conductibilité du cuivre est ici admise égale à 54 et le poids spécifique de 8,9. A défaut de tout autre amortissement, le décrément indiqué correspondrait à un rapport d'amortissement de 1,0664.

Il en est de même avec une bobine fermée ; si l'on se figure cet anneau transformé par une coupe en spirale, en une bobine, le décrément et l'amortissement resteront les mêmes, puisque le carré de la surface F^2 et la résistance R augmentent dans la même proportion.

Si l'amortissement d'une bobine ouverte était très faible, on pourrait observer très exactement des modifications du décrément et l'on pourrait, connaissant la section du fil, le moment d'inertie, la résistance et la durée d'oscillation de la bobine, déterminer, en mesure absolue, l'intensité du champ d'après l'augmentation du décrément à la fermeture de la bobine.

J. Kareis

Etats-Unis

Le système d'annonciateur domestique de M. Seiler. — Dans les systèmes d'annonciateurs généralement installés dans les hôtels, chaque chambre est représentée par un indicateur sur le tableau central, de sorte que, dans les grands hôtels, il faut un nombre considérable d'aimants, etc. Pour éviter cette multiplication des appareils, et en même temps pour permettre à l'employé au bureau de l'hôtel de faire savoir à la personne qui appelle que son signal a été entendu, M. Paul Seiler, de San-Francisco, a imaginé et breveté un système dans lequel il réduit de beaucoup le nombre des annonciateurs nécessaires pour un nombre donné de chambres, tout en donnant la facilité de répondre au signal.

Le système représenté sur la figure 1 se compose d'un tableau indicateur pourvu de numéros 1,2,3,4,5, etc., disposés en ordre régulier de gauche à droite jusqu'à 65, en cinq lignes horizontales et en 13 colonnes.

Au-dessus de chaque colonne se trouve un lapin B et en face de chaque ligne horizontale un autre lapin C.

La figure représente un bâtiment, par exemple, un hôtel de cinq étages dont on voit une chambre à chaque étage. Dans chaque chambre, il y a une sonnerie I et une clef J. Au bureau central, une sonnerie F est mise en marche chaque fois qu'un lapin tombe.

A l'état normal, le circuit de chaque pile G passe par un fil K à l'une des clefs J et de là à travers une des sonneries I retourne à la pile à travers

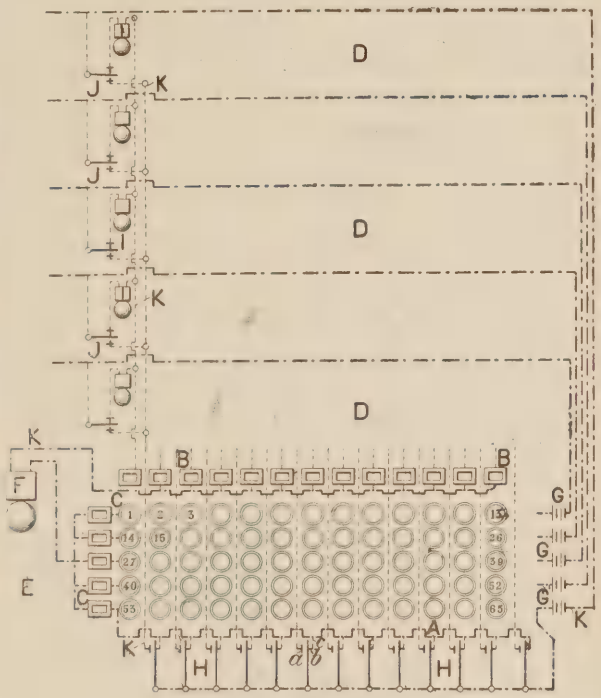


Fig. 1

l'une des clefs K. Mais quand une des clefs J, par exemple, celle de la chambre 53, est abaissée, le circuit passe de la pile à travers cette clef, traverse l'un des lapins B (représenté en *a*) la sonnerie F, l'un des lapins C et retourne à la pile par la clef H.

La fermeture du circuit au moyen de la clef J fait donc fonctionner la sonnerie F. Un employé au bureau central actionne alors la clef H reliée à la sonnerie de la chambre 53 et fait passer un courant dans la sonnerie I et la clef J de cette chambre. Il va sans dire que la clef J reprend sa position normale, dès que le signal aura été donné. Quand la sonnerie I fonctionne, le locataire de la chambre 53 sait que son signal a été entendu.

Les chiffres 1, 14, 27, 40 et 53 représentent chacun une chambre quelconque respectivement au premier, deuxième, troisième, quatrième et cinquième étages. Dans leur ensemble ils représentent une *section*, de sorte que quand le lapin marqué *a* tombe, c'est l'une des chambres de cette section qui a donné le signal. La chambre de cette section d'où vient l'appel est indiquée par l'un des lapins C ; c'est-à-dire que ces derniers représentent les étages d'un bâtiment, tandis que les lapins B représentent différentes chambres, l'une au-dessus de l'autre dans un même bâtiment. L'un quelconque des lapins B peut indiquer quatre ou cinq chambres.

Le lapin employé par M. Seiler est représenté

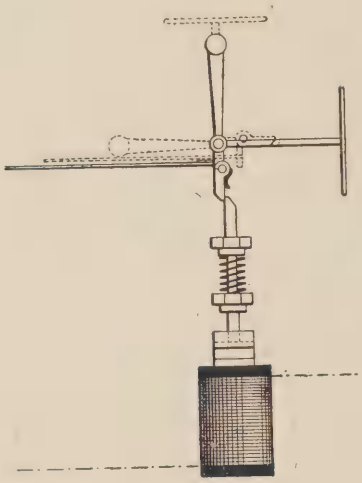


Fig. 2

sur la figure 2. Il tend à tomber sous l'action d'un poids, et est maintenu en position par un arrêt relié élastiquement avec le noyau du solénoïde appartenant au circuit K. Quand un courant traverse le solénoïde, le lapin est libéré et tombe dans la position indiquée en pointillé. On peut le remettre en position au moyen d'un cordon.

On voit que ce système réduit de beaucoup le nombre des indicateurs, car 16 suffisent, par exemple, pour 65 postes qui, avec le système ordinaire, exigeraient 65 indicateurs.

Le télégraphe imprimeur octuplex de M. Brown. — M. R. G. Brown, l'électricien de la *Standard Multiplex Telegraph C°* a dernièrement inventé un appareil imprimeur adapté au système télégraphique synchronique de Delany, et au moyen duquel on peut transmettre simultanément sur le même fil huit dépêches indépendantes. Le système a été mis en exploitation le 19 juin dernier sur une ligne de la *Postal Telegraph C°* entre New-York et Meadville en Pensylvanie, sur une distance de 16 kilomètres, et il a donné les meilleurs résultats.

L'appareil imprimeur est extrêmement simple et peut être manipulé par n'importe qui, sans aucune pratique spéciale de la télégraphie (?), et sa vitesse est de 20 mots par minute pour chaque appareil.

Le système est destiné à permettre de fournir des fils privés aux banquiers, courtiers, etc., à un prix inférieur à celui qu'on a fait payer jusqu'ici pour ce service.

La figure 3 représente les appareils et les circuits aux extrémités de la ligne principale. On sait que dans le système Delany, des frotteurs tournent avec une vitesse uniforme au-dessus d'un cercle de secteurs, de sorte que les contacts sont simultanément sur les secteurs correspondants. La ligne est représentée comme reliant l'arbre du frotteur placé à New-York à l'arbre du frotteur synchronique du même genre placé à Meadville.

On emploie six segments équidistants pour le fonctionnement de chaque imprimeur.

Le relais est relié par deux fils à ces six segments, comme c'est indiqué sur la figure, chaque fil étant relié à trois segments. Après avoir traversé le relais, les fils vont à l'armature du transmetteur, dont le buttoir supérieur est relié à la pile principale et l'inférieur à la terre.

L'armature du transmetteur à la station de New-York repose sur son contact de pile, tandis que la même armature à l'autre station est à la terre; dans ce cas, New-York transmet et Meadville reçoit. Par conséquent, au fur et à mesure que les frotteurs des distributeurs synchroniques viennent en contact avec l'un de leurs segments, le courant de la pile principale à New-York, traverse les relais polarisés dans un certain sens, ce qui met leurs armature en contact avec les buttoirs inverses, et quand les secteurs arrivent au segment suivant, la direction du courant à travers le relais est renversée et les armatures reviennent simultanément en contact avec les buttoirs primitifs. Au fur et à mesure que les frotteurs viennent en contact avec les différents segments, la direction courant à travers les relais, et la polarité de ceux-

ci sont renversées et les armatures oscillent continuellement entre les deux buttoirs.

Les récepteurs ou les appareils imprimeurs sont actionnés au moyen d'un mouvement d'horlogerie et contrôlés par des électro-aimants et par des inversions de courants. Ils ont chacun deux roues des types, l'une avec des chiffres et fractions, l'autre avec des lettres, et un mécanisme automamatique pour prendre des impressions de l'une ou de l'autre. L'armature est polarisée et vibre entre les pôles des électro-aimants de la roue des types.

L'arbre de la roue d'échappement et de la roue des types, porte un bras avec un frotteur qui passe sur un cercle de petits segments, dont le nombre correspond aux caractères de la roue des types ; chaque segment communique par un fil avec une des clef qui sont réunies sur un clavier. Comme les armatures des relais vibrent à l'unisson aux deux stations, les courants des piles à inversion passent par les armatures et les lignes locales, à travers la roue des types et les électro-aimants imprimeurs à la terre, ce qui fait tourner les roues des deux imprimeurs synchroniquement.

Mais, ces inversions de courant sont trop rapides pour permettre à l'électro-aimant imprimeur d'actionner son armature, car, celle-ci et l'électro-aimant sont construits de manière à être paresseux.

Mais, si l'opérateur, à la station d'expédition, abaisse une de ses clefs, un circuit se forme par la terre, à travers le frotteur de l'imprimeur (quand celui-ci arrive sur le segment en question) et la ligne locale; le courant traverse le transmetteur, et va à la terre, ce courant, par son action sur le transmetteur, rompt le contact entre le levier d'armature de celui-ci et son buttoir supérieur, et retire par conséquent la pile principale de la ligne.

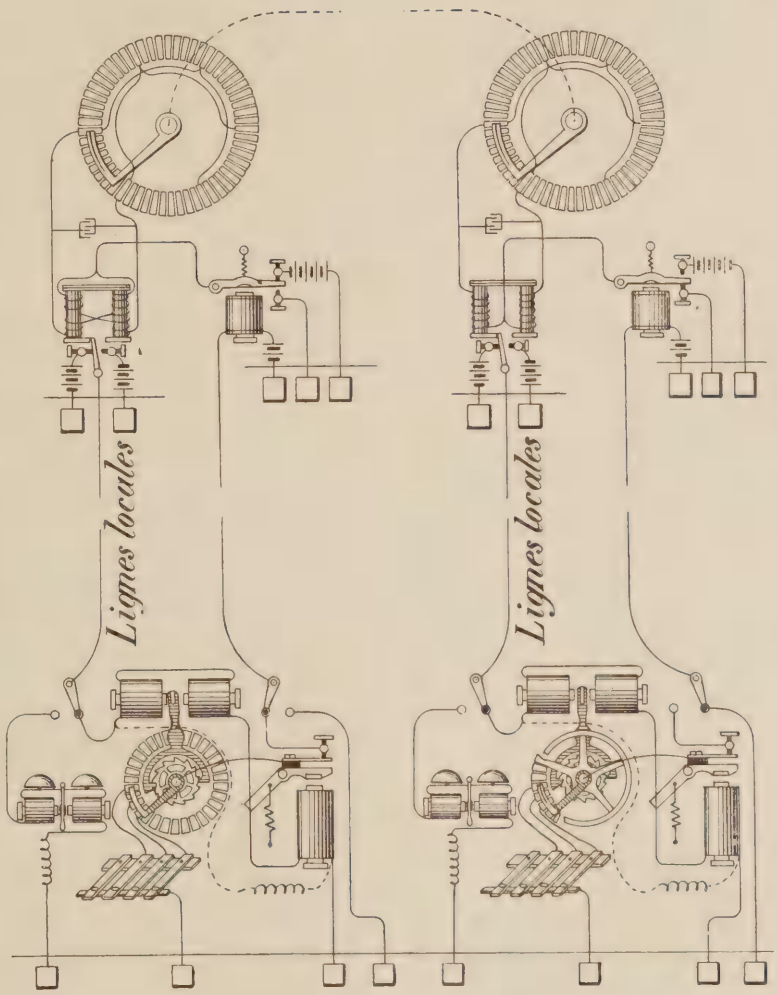


Fig. 2

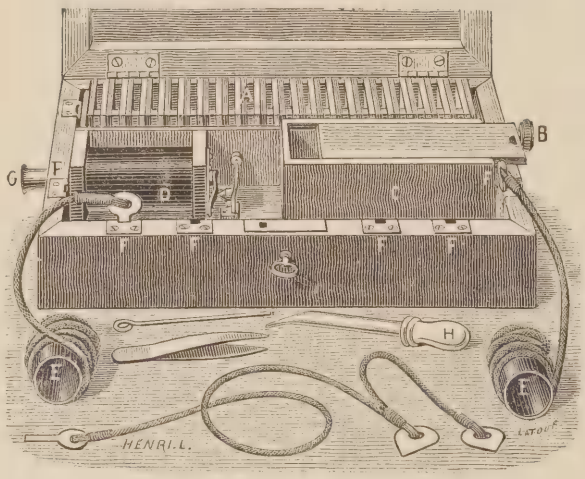
Les armatures des relais cessent de vibrer, les roues des types s'arrêtent, et la prolongation du contact des armatures des relais avec les piles à inversion excite suffisamment les électro-aimants imprimeurs pour qu'ils puissent actionner leurs armatures et donner lieu à l'impression du type voulu des roues. Le circuit du transmetteur est rompu par le mouvement inverse de l'armature causé par son ressort ; le levier du transmetteur se relève immédiatement, et relie de nouveau la pile principale à la ligne, et les vibrations des armatures reprennent simultanément dans les relais.

Les roues sont ainsi remises en mouvement, jusqu'à ce qu'une autre clef soit abaissée.

Une nouvelle pile médicale. — Le Dr C. Piper, de Moline, a imaginé une nouvelle pile dans laquelle les éléments sont placés ensemble dans une boîte avec tout ce qu'il faut pour les charger. On ne se sert pas de bornes, mais les cordons souples sont munis de bouts métalliques qu'on place dans les rainures de contact F F.

Les éléments employés sont représentés en A; le charbon et le zinc reliés ensemble, sont séparés par une matière isolante. Le contact entre les éléments se fait par la vis B, chaque vase contient une bande d'un papier préparé, couverte de nitrate de potasse ou de mercure, crystallisé.

L'élément est ensuite rempli d'eau au moyen



du tube H et la pile est prête à fonctionner. Le sel employé étant riche en acide nitrique, il n'y a pas de polarisation.

La bobine d'induction D est pourvue d'un noyau mobile qui en règle les effets, mais le courant peut aussi être varié par les contacts F F dans lesquels se placent les électrodes E E.

De cette façon on peut obtenir quatre différentes formes de courants : un courant galvanique continu, un courant galvanique intermittent, un courant faradique et enfin une combinaison des deux; on peut varier le nombre des éléments.

La force électromotrice de l'élément Piper est de 1,65 volt ; on jugera de la constante de la pile par l'expérience suivante : dans un circuit qui comprend un galvanomètre de 800 ohms, on a fait passer le courant d'un seul élément pendant 24 heures ; à ce moment la déviation n'avait diminué que de 1,5 o/o.

J. Wetzler

BIBLIOGRAPHIE

Guide du monteur pour les installations d'éclairage électrique, par M. v. Gaisberg. — R. Oldenbourg. — Munich et Leipzig, 1887.

Ainsi que l'indique son titre, le livre de M. Gaisberg est un ouvrage très pratique qui s'adresse plus spécialement aux contre-maîtres et aux ouvriers chargés de faire des installations d'éclairage électrique.

A ce point de vue, je n'hésite pas à dire qu'il est extrêmement bien fait. On y trouve condensés en l'espace de cent trente pages une foule de renseignements pratiques qu'on serait, je crois, assez embarrassé d'aller chercher ailleurs.

Après les généralités et les définitions d'usage qui tiennent les six premières pages du livre, l'auteur considère successivement le montage des machines motrices, des machines électriques, des lampes à arc et à incandescence, des appareils accessoires (régulateurs, commutateurs, etc.), des lignes et des accumulateurs. On est assez étonné de trouver un chapitre consacré à la galvanoplastie et quelques remarques générales sur le transport de la force. Ces hors-d'œuvre ne diminuent d'ailleurs en rien la valeur des parties essentielles de l'ouvrage de M. de Gaisberg. Tous les chapitres sont pleins de renseignements extrêmement utiles; celui qui traite de l'installation, du montage, de l'entretien et de la réparation des machines dynamo-électriques est particulièrement intéressant. C'est l'œuvre d'un praticien qui ne s'en tient pas aux règles générales que l'on rencontre dans tous les traités plus ou moins bien faits, mais qui, entrant dans le détail même des choses, indique une à une toutes les précautions à prendre pour le montage des différentes pièces d'une machine, pour la mise en marche, pour la réparation des organes délicats, de l'armature et des collecteurs, etc.

C'est en somme un excellent petit livre que nous aimerions voir traduire en français et, bien qu'il s'adresse, comme nous disions plus haut, à une catégorie très spéciale de lecteurs, il offre certainement de l'intérêt pour toutes les personnes qui s'occupent d'électricité industrielle.

B. Marinovitch

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

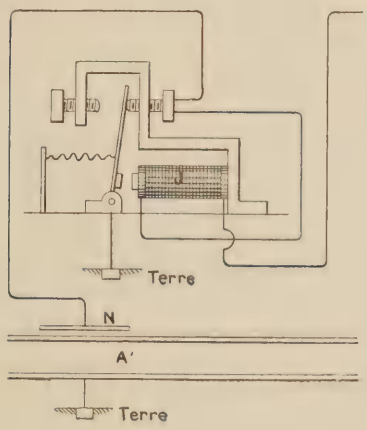
délivrés depuis le 1er janvier 1887

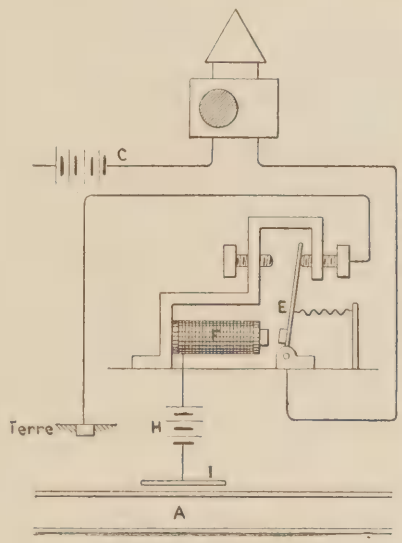
181211. — WALKER (29 janvier 1887). — UN NOUVEAU SYSTÈME DE SIGNAUX AUTOMATIQUES

En général, lorsque le courant électrique est employé à la manœuvre des signaux de chemin de fer, c'est l'émission du courant lui-même qui agit pour faire tomber un disque, actionner une sonnerie, etc.

Dans le système Walker au contraire, le circuit du courant est toujours fermé à l'état normal, et le passage du train ne manœuvre le disque qu'en coupant le circuit, pour le rétablir à sa sortie de la section protégée. Le schéma des communications est indiqué ci-contre : S est le signal, J et F les électro-aimants de manœuvre, C un conducteur suivant la voie, A et A' les rails.

Lorsque la voie est libre, les connexions sont celles de la figure, et le voyant montre *voie libre*. Lorsqu'au contraire un train venant dans le sens AA', passe en A en comprimant la pédale I, il ferme le circuit de la pile H





sur l'électro F, qui, attirant son armature, coupe une mise à la terre du poste A ainsi que celle du poste A'.

De lui-même alors le disque s'abat montrant *voie fermée*. Le train passé, la mise à la terre du premier poste se rétablit automatiquement, mais celle de A' reste ouverte et ce n'est qu'après que le train a dépassé A' que par la compression de la pédale N les choses sont rétablies dans l'état normal.

Au milieu de tous les systèmes connues pour la manœuvre des signaux, celui-ci peut être classé parmi les plus simples et les non moins ingénieux.

181199. — HENRION (31 janvier 1887). — RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE TENSION POUR MACHINE DYNAMO

Ici encore, même principe de régulation que dans le système Menges (voir p. 294). L'appareil seul est différent. Imaginez en effet un solénoïde vertical de haute résistance, monté en dérivation, dont le fer doux en montant et descendant peut à bout de course fermer une dérivation du courant sur un des deux solénoïdes verticaux placés côte à côte.

Supposez que les fers doux de ces solénoïdes soient attelés aux extrémités du levier articulé en son centre, vous comprendrez facilement que, suivant que l'un des deux solénoïdes agira, ce levier basculera dans un sens ou dans l'autre pour faire par des cliquets tourner une roue à rochets de gauche à droite ou inversement, pour l'introduction ou le retrait de résistances dans le circuit inducteur de la machine.

Tel est l'appareil breveté par M. Henrion.

181186. — Maison BRÉGUET (28 janvier 1887). UN NOUVEAU VOLTMÈTRE

Voir l'article du journal dans le numéro du 23 juillet, p. 173.

181115. — MENGES (25 janvier 1887). Méthode de réglage pour moteur électrique

La méthode de réglage des moteurs électriques proposée par M. Menges n'a rien de très nouveau en soi, puisqu'elle consiste à agir sur le champ du moteur, tant

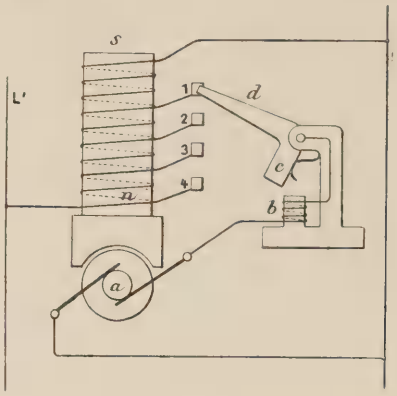


Fig. 1

pour maintenir le potentiel constant, que pour empêcher la variation de l'intensité.

Le dispositif de la figure 1 est relatif à la constance du potentiel. L L' sont les conducteurs principaux, *a* l'armature, *ns* l'inducteur monté en dérivation. Le courant de *a* est encore dérivé de l'inducteur par le levier coudé *d*. Il est évident que la tension à l'armature dépend de la po-

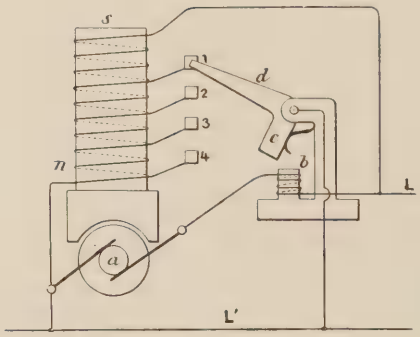


Fig. 2

sition de ce levier, et que le maximum correspondra à la position de *d* sur la touche 4.

Le mouvement de *d* est obtenu, comme on le voit, par l'attraction de l'électro-aimant *b*, dont l'action est équilibrée par un ressort.

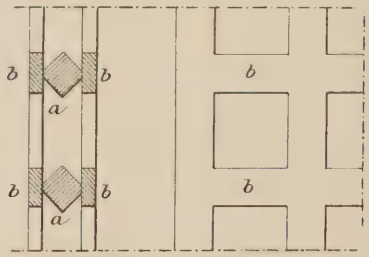
Pour la constance de l'intensité, l'appareil reste le même, mais les communications sont modifiées comme le montre la figure 2, et dans ce cas comme dans l'autre la certitude du résultat ne peut faire doute.

181196. — HEINZ (28 janvier 1887). — Électrodes perfectionnées pour accumulateurs électriques

Dans la confection des plaques d'accumulateurs, un des ennuis qu'on rencontre est toujours, on le sait, la faible adhérence de la pâte de minium employée comme dépôt artificiel, aux parois des cellules. Sous l'effet du foisonnement, elle se fendille puis se casse en morceaux.

M. Heinz, comme tous les électriciens qui se sont occupés d'accumulateurs, a cherché à parer à cet inconvénient par l'emploi d'électrodes spéciales.

Dans son système le support des matières actives a une âme en plomb amalgamé, et les surfaces seules sont en plomb; mais pour obtenir un peu plus de rigidité, il ajoute cependant une faible proportion d'arsenic. Comme le montrent les deux vues de la figure ci jointe, ces plaques-support sont fondues en trois parties, et les cellules sont faites par des fils *a* ayant une section losange pour



l'âme et rectangulaires, comme on le voit, pour les surfaces.

Le dépôt artificiel sur ces électrodes est composé de plusieurs oxydes de plomb possédant différents degrés d'oxydation et mélangés à du plomb amalgamé, pulvérisé. Le mélange est malaxé dans de l'eau acidulée, puis finalement comprimé dans les cellules.

Le dépôt a-t-il ainsi une grande adhérence ?

Le rendement est-il élevé ?

M. Heinz n'hésite pas à l'affirmer.

181257. — PYLE (1er février 1887). — Perfectionnements apportés aux appareils électriques d'éclairage pour locomotives

Entendons-nous bien. Les perfectionnements, que peut renfermer le présent brevet, ne sont pas absolument d'ordre électrique. L'éclairage Pyle pour locomotive comporte en effet l'emploi d'une lampe à arc placée à l'avant de la locomotive. Or cette lampe (système focussing) suivant l'auteur, qui est sérieusement étudiée au point de vue de la rusticité et de la solidité des organes, n'a de particulier que le mécanisme régulateur et alimenteur

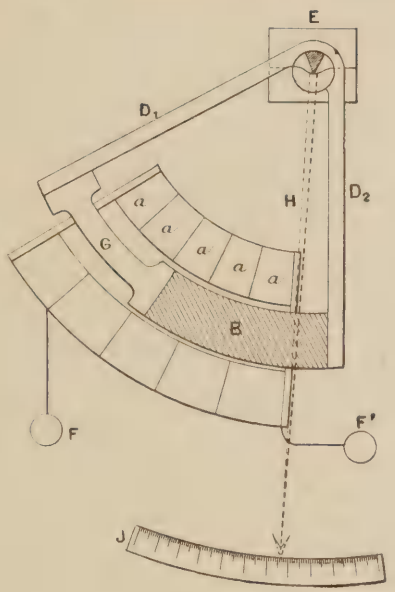
des charbons, qui est obtenu par l'emploi d'un petit moteur actionné par le courant.

Malheureusement ce détail n'est pas d'une nouveauté très grande, et se retrouve notamment dans la lampe qui figurait à l'Exposition de Munich en 1882.

En revanche, tout ce qui touche à l'emploi de la lumière dans le cas actuel a un caractère plus personnel, réflecteurs, éventail pour diriger les rayons dans divers sens, etc., etc.

181218. — ROSS (29 janvier 1887). — Nouveau système de solénoide pour la mesure des courants

Le galvanomètre de M. Ross est en principe indiqué dans la coupe ci-contre. Comme vous le pouvez voir, l'or-



gane principal est une armature magnétique B recourbée en arc de cercle autour du centre E, et qui peut, suivant l'intensité du courant à mesurer, pénétrer plus ou moins dans le solénoide dont *a*, *a*, *a* sont les galettes.

Le système qui forme triangle par les bras D_1D_2 et le prolongement G sera magnétique, et peut osciller autour de E où il repose sur un couteau, et comme à celui-ci est fixée une aiguille H qui se meut sur un cadre J, on peut lire les angles de déviation.

Si le fonctionnement de cet appareil est certain, le manque de proportionnalité dans la déviation ne l'est surement pas moins.

181178. — IGNACE MORANA. — Médaille électro-galvanique perfectionnée

Il y a des gens qui ont vraiment des idées étranges! Jugeant qu'il n'y avait pas assez en circulation d'anneaux anti-névralgiques de zinc et de cuivre, et de médailles analogues pour soi-disant électriser le public par trop croyant, M. Ignace Morana a construit une médaille, toujours de cuivre et de zinc dans laquelle les deux métaux sont disposés de façon à produire du côté face l'image d'une croix au milieu d'une étoile: si vous souffrez de névralgies et que vous vouliez faire l'essai, ne vous gênez pas, la médaille est inoffensive, soyez-en bien convaincus.

181256. — BROOKS (1er février 1887). — Perfectionnements dans la pose et l'isolation des conducteurs électriques souterrains

M. Brooks qui a, dans le temps, breveté l'emploi de l'huile pour isoler les câbles électriques souterrains, s'étant aperçu que ce procédé n'était pas très pratique, a songé à quelque chose de différent.

Ce qu'il revendique maintenant, c'est l'emploi de la parafine ou de l'ozokérite ou de l'asphalte coulé dans le tuyau recevant les câbles. Qu'il s'agisse de l'une quelconque des trois matières précitées, comme l'isolant se présente sous forme d'une pâte plus ou moins coulante suivant sa température, on a toujours à craindre que le refroidissement trop brusque de certains points empêche la matière de se répandre dans toutes les parties du tuyau. Aussi pour vaincre cette difficulté, M. Brooks dispose sur la longueur des tuyaux un nombre considérable d'ouvertures fermées par un bouchon à vis. Pour couler l'isolant, il enlève tous ses bouchons, introduit la paraffine ou l'asphalte successivement par chaque trou, et si les sections ainsi faites sont assez courtes, le refroidissement n'empêche pas l'isolation d'être complète. L'opération faite, on visse les bouchons et l'on enterre soigneusement le tout.

181268. — THE WRITING TELEGRAPH COMPANY. Perfectionnements dans les télégraphes autographiques

Nous avons déjà décrit, il y a peu de temps, un brevet portant le même titre et le même nom. Les perfectionnements d'alors consistaient dans l'emploi d'une pile de disques de charbon qui servaient à faire varier le courant dans le circuit électrique du télégraphe autographique, par des différences de pression du porte-stylet sur les disques.

Aujourd'hui, la pile de disques en charbon est remplacée par un rhéostat liquide, et des variations sont obtenues en faisant immerger plus ou moins une électrode dans un bain constituant une partie de l'autre électrode ou encore en rapprochant ou en écartant par le porte-stylet deux électrodes plongeant dans un bain légèrement conducteur.

Dans le cas actuel, chaque poste comporte deux vases rectangulaires placés à angle droit, et remplis d'eau acidulée ou d'eau pure contenant de la poudre de charbon en suspension.

Chaque récipient renferme, en outre, une plaque de platine fixe reliée à la pile, et de laquelle on écarte plus ou moins une deuxième plaque immergée.

Par un système particulier de tringles, de pivot, de joint universel, le porte stylet commande à la fois les deux électrodes mobiles.

181411. — HÉNARD (8 février 1887). — NOUVEAU SYSTÈME DE TRAIN CONTINU MU PAR L'ÉLECTRICITÉ

Pour la bonne bouche, nous avons réservé le brevet de M. Hénard. L'idée qu'il renferme est en effet de celles qui ne viennent pas tous les jours dans un cerveau bien équilibré, et qu'on est toujours surpris de rencontrer.

Train mû par l'électricité, n'est-ce pas? c'est là encore du nouveau, qui attire toujours l'attention à priori! mais train *continu*, qu'est-ce que cela peut bien vouloir dire ?

Eh bien, c'est très simple : traçons une vaste tranchée circulaire, contenant une voie ferrée, et sur cette voie mettons bout à bout des trucs, des plate-formes employées couramment par les Compagnies des chemins de fer pour le transport des marchandises.

Mettons autant de wagons que la ligne peut en comporter, pour que le cycle soit fermé, et ne laissons toutefois que l'espace nécessaire pour une locomotive actionnée par le courant d'une station centrale.

Cela étant fermons le circuit et, si la force employée est suffisante tout l'ensemble va se mettre à tourner, tourner jusqu'à ce que le mécanicien en ait assez.

Eh bien, voilà ce que c'est que le chemin de fer électrique continu : à quoi cela peut-il servir ? Oh! à rien, pas plus que les chevaux de bois dans les foires, si ce n'est à donner le mal de mer aux estomacs sensibles. Cependant M. Hénard qui a conçu son projet pour l'exposition de 1889, prétend que si on entourait le palais du Champ-de-Mars d'une pareille ceinture, il y aurait beaucoup de gens que cela intéresserait d'autant que la vitesse étant très faible, on pourrait facilement monter dans les trains sans payer et qu'il y aurait à percevoir quelques sous sur les voyageurs qui prendraient place sur certains trucs une sorte de maisonnette ouverte, qui aurait été construite.

Vous le voyez, il y a des inventeurs qui ne sont pas ennemis d'une douce gaîté et, pour finir, nous citerons cette phrase à peu près textuelle du brevet qui est d'une naïveté étonnante:

« Comme pour entrer dans l'exposition on serait obligé de passer par dessus le chemin de fer, il faut remarquer que la petite élévation du train, comme la faible vitesse ne rendrait pas cette traversée plus difficile que celle des boulevards certaines heures de la journée ».

(*A suivre*) P. CLEMENCEAU

CORRESPONDANCE

Notre collaborateur, M. Ledeboer, nous communique la lettre suivante, qui lui a été adressée par M. Cabanellas pour être insérée.

Nos lecteurs ont maintenant les pièces du procès en main, ils pourront se faire une opinion d'ici à la rentrée, comme dit notre correspondant

LA RÉDACTION

Cher Monsieur,

Je viens de lire dans le numéro d'hier de *La Lumière Électrique* votre article *Sur l'emploi du shunt dans la méthode balistique.*

J'estime qu'il existe deux malentendus :

1° Au point de vue intentionnel;

2° Au point de vue technique.

Si vous le voulez bien, nous réserverons le 2° en le laissant jouir de ses vacances; vous savez que mon laboratoire est démoli, puisque vous avez eu l'amabilité de venir assister à une application de la méthode de la servo-variation de l'induction, au moment où les instruments s'en allaient *extra muros.* A la rentrée je vous prierai de venir, et j'espère que l'entente sera facile. Je tiens seulement à dire de suite que, si au lieu de croire n'avoir écrit que ce que je voulais écrire, je croyais avoir fait confusion ou erreur, je le dirais sans fausse honte et sans penser du reste m'amoindrir.

Mais le 1° me préoccupe beaucoup, et je suis affecté de voir que mes remarques générales aient pu vous faire conclure à la nécessité *absolue* d'une réfutation en ce qui vous concerne. Si j'avais voulu vous attaquer, j'aurais d'abord cité directement votre nom, et, en outre, je n'aurais pas manqué de vous adresser mon texte avant publication ; j'ai toujours eu l'habitude d'agir ainsi, même à des périodes de grandes émotions et même à l'égard d'adversaires qui, eux, paraissaient chercher à me surprendre.

Permettez-moi d'ajouter que si j'avais pu prévoir votre impression, j'aurais préféré de beaucoup garder le silence. Après avoir pratiqué la discussion trop longtemps et contre mon gré, je suis arrivé à aimer passionnément la conciliation. Ma philosophie et ma seule ambition sont de travailler utilement sans être désagréable à personne, encore moins aux savants qui ont toute ma sympathie

G. CABANELLAS

FAITS DIVERS

Dans la séance du 1er juillet, le Président de la Société de Physique a annoncé à la Société que le Conseil étudiait la question de la publication d'un *Recueil de constantes physiques*.

Une Commission composée de MM. Joubert, Cailletet, Dufet, Lippmann, de Romilly et Violle, est chargée de réunir les éléments de cette publication, qui contiendra, non-seulement les principales données numériques de la physique, mais encore, la discussion des résultats indiqués, et les sources.

Nous ne pouvons qu'applaudir à cette décision de la Société, dont les électriciens profiteront pour leur bonne part.

La composition de la Commission nous est un garant certain de la valeur des données de ce recueil, données qui n'ont jamais été réunies, jusqu'ici d'une manière complète, dans une publication française.

On annonce une nouvelle ascension aérostatique qui doit s'effectuer dans quelques jours, sous le patronage du *Figaro*.

Les aéronautes, MM. Jovis et Mallet, se proposent d'atteindre aux altitudes limites (8000 mètres) et de faire de nombreuses observations électriques magnétiques et météorologiques ; c'est même ce qui nous engage à en dire un mot ici.

Les observations seront contrôlées par le bureau météorologique, et si, comme nous l'espérons, les expérimentateurs obtiennent des résultats positifs, nous y reviendrons en temps et lieu.

Nous lisons dans un journal allemand la communication suivante que nous publions sous toutes réserves :

« Dans une séance récente de l'Association polytechnique allemande en Bohême, le professeur Ed. Maiss a fait une conférence sur la vision à distance au moyen de l'électricité.

« L'auteur a fait la description d'un appareil construit pour la transmission des ondes lumineuses et destinés a donné à l'œil l'image d'un objet lumineux ou éclairé. Comme pour la transmission des ondes sonores, on se sert de deux appareils : un récepteur et un transmetteur.

« Le transmetteur est muni d'un disque percé de trous en forme de spirales, qui sont traversés d'une façon intermittente par les rayons lumineux de l'objet en question; ces rayons sont ensuite transformés en ondulations électriques par le radiophone, le microphone et la bobine d'induction qui tous communiquent avec le disque.

« En traversant un téléphone pourvu de diaphragmes formant miroir, ces ondulations produisent dans le récepteur des variations dans la distance focale du diaphragme ainsi que dans l'intensité lumineuse du cône lumineux réfléchi, devant lesquels passent les trous d'un deuxième disque semblable au premier, et animé du même mouvement, de manière à composer l'image de la même manière qu'il a été décomposé par le transmetteur ? »

Des appareils semblables ont déjà été proposés, mais non réalisés, à ce que nous croyons.

On parle de la formation d'un puissant syndicat en vue de l'exploitation des différents systèmes d'accumulateurs belges. Les brevets seraient rachetés par une Société d'électricité de Bruxelles et il serait créé quelques types spéciaux que l'on présenterait au grand concours de 1888.

Voici les *desiderata* et la classification de la section de l'électricité dans le grand concours international des sciences et de l'industrie qui doit avoir lieu à Bruxelles en 1888 :

QUESTIONS PROPOSÉES (DESIDERATA)

Subdivision 47a. — *Président :* Ernest ROUSSEAU. — Étude et enseignement de la science électrique; instruments de mesure; applications scientifiques de l'électricité, paratonnerres et parafoudres.

1. Le meilleur ensemble des détails de construction d'un paratonnerre.
2. Le meilleur procédé de vérification d'un paratonnerre.
3. Le meilleur dispositif permettant d'apprécier la valeur d'une pile.
4. Le meilleur dispositif permettant de faire l'essai de laboratoire d'un conducteur destiné à une ligne aérienne.
5. Le meilleur instrument ou dispositif permettant la mesure des courants téléphoniques.
6. Le meilleur traité de la science ou des applications de l'électricité.
7. Le meilleur ampèremètre industriel pour courants continus.
8. Le meilleur ampèremètre industriel pour courants alternatifs.
9. Le meilleur voltmètre industriel pour courants continus.

10. Le meilleur voltmètre industriel pour courants alternatifs.

11. Le meilleur compteur d'électricité (ampères-heures).

12. Le meilleur wattmètre.

13. Le meilleur ensemble d'instruments de mesure pour laboratoires.

14. Les meilleurs appareils de mesure construits d'après un principe nouveau ou réalisant un perfectionnement sur les appareils existants.

15. Photomètre fonctionnant au moyen de l'électricité.

16. Appareil de mesure du travail absorbé par les machines magnéto ou dynamo électriques.

SUBDIVISIONS 47*b*. — *Président* : M. F. DELARGE. — Moteurs et machines dynamo-électriques; transport de force motrice à distance, distribution de l'énergie électrique, transformateurs.

17. *a*) La meilleure machine à lumière d'une puissance ne dépassant pas 2,000 watts.

b) La meilleure machine à lumière d'une puissance ne dépassant pas 10,000 watts.

c) La meilleure machine à lumière d'une puissance dépassant 10,000 watts.

d) La meilleure machine à lumière pour l'éclairage des phares.

e) La meilleure machine destinée à remplacer les piles dans les bureaux télégraphiques.

18. Transport de la force motrice à distance, etc.

a) Le meilleure système de transport à distance de l'énergie mécanique par l'électricité.

b) Le meilleur système de distribution de l'énergie électrique.

SUBDIVISION 47*c*. — *Président* : M. BANNEUX. — Télégraphie, téléphonie, fils et câbles.

19. — L'ensemble pratique qui sous le moindre poids et le moindre volume constitue le meilleur télégraphe électrique d'avant-poste. Les appareils employés peuvent être télégraphiques ou téléphoniques comprenant le transmetteur, le récepteur et la ligne.

20. Le meilleur support isolant :

a) Pour lignes télégraphiques.

b) Pour lignes téléphoniques.

21. Le meilleur conducteur aérien :

a) Pour lignes télégraphiques.

b) Pour lignes téléphoniques.

22. Le meilleur système de poteaux métalliques pour lignes télégraphiques ou pour lignes téléphoniques.

a) En rase campagne.

b) A l'intérieur des villes.

23. Le meilleur procédé de conservation des poteaux en bois.

24. Le meilleur système de chevalets métalliques pour lignes téléphoniques.

25. Le meilleur câble sous-marin :

a) Pour lignes télégraphiques.

b) Pour lignes téléphoniques.

26. Le meilleur système de parafoudre pour lignes télégraphiques et téléphoniques.

27. Le meilleur téléphone :

a) Pour le service privé.

b) Pour le service public.

28 Le meilleur microphone :

a) Pour le service privé.

b) Pour le service public.

29. Le meilleur poste téléphonique :

a) Pour le service privé.

b) Pour le service public,

30. Le meilleur système permettant la transmission simultanée des messages téléphoniques et des dépêches télégraphiques par le même fil.

31. Un système permettant la transmission des messages téléphoniques en multiplex.

32. Le meilleur commutateur de fils pour bureaux télégraphiques.

33. Le meilleur appareil télégraphique, destiné à desservir des postes d'importance moyenne.

34. Le meilleur appareil télégraphique à grande vitesse, à transmission simple.

35. Le meilleur appareil télégraphique à transmissions multiples.

36. Le meilleur appareil télégraphique destiné à desservir des câbles sous-marins de grande capacité.

37. Le meilleur relais pour lignes télégraphiques.

38. Le meilleur appareil télégraphique de rappel des postes.

39. Le meilleur système pratique remédiant à l'induction téléphonique mutuelle de fils simples, établis parallèlement sans qu'il en résulte un affaiblissement marqué dans la réception vocale.

40. Plusieurs postes téléphoniques sont installés sur une même ligne reliée à un bureau central et composée soit d'un fil aérien simple, soit d'un fil double sans terre.

On demande un système qui par les moyens les plus simples et les plus sûrs, permet l'intercommunication des postes ainsi que la correspondance de ces postes avec les autres postes du réseau par l'intermédiaire du bureau central.

41. Bureau central automatique.

42. On demande un relais téléphonique agissant à la manière d'un relais télégraphique, capable d'augmenter notablement la portée des transmissions vocales.

43. Le meilleur dispositif applicable à la téléphonie, permettant d'établir à chaque extrémité d'un circuit à fil double, la liaison d'un fil simple aérien avec terre.

44. Le meilleur système d'isolation de câbles électriques éloignant les dangers d'incendie.

45. Le meilleur dispositif prévenant l'échauffement anormal des conducteurs.

SUBDIVISION 47*d*. — *Président* : M. WYBOW. — Lampes à arc et à incandescence.

46. Concours de lampes à arc .

a) La meilleure lampe de forte intensité pour l'éclairage des grands espaces et des phares.

b) La meilleure lampes d'intensité moyenne (50 à 200 carcels d'intensité moyenne sphérique), pour l'éclairage des ateliers, des gares de chemins de fer, etc.

c) La meilleure lampe de faible intensité.

d) Les meilleurs crayons électriques, pour foyers à arc.

47. Concours de lampes à incandescence.

La meilleure lampe à incandescence.

48. Autres systèmes de lampes électriques.

La meilleure lampe appartenant à un système autre que celui des lampes à arc ou des lampes à incandescence.

49. Applications diverses de l'éclairage électrique :

a) Les meilleurs dispositifs pour l'éclairage des mines, des travaux sous-marins, etc.

50. Le meilleur support de lampes électriques pour l'éclairage public.

SUBDIVISION 47*e*. — *Président* : M. WAFFELAERT. — Piles, accumulateurs, applications industrielles diverses. électro-chimie, électro-métallurgie, signaux de chemins de fer, etc , etc.

51. La meilleure pile pour un bureau télégraphique :

a) Pour des appareils à courant continu.

b) Pour des appareils à courant intermittent.

Considérer : force électro-motrice, résistance intérieure, polarisation, coût et durée des matières employées (matières actives et accessoires) ; consommation (en travail, au repos), valeurs des matériaux mis hors d'usage; facilité d'entretien; gaz qui se dégagent; dangers de manipulation.

52. La meilleure pile pour poste téléphonique.

53. La meilleure pile électrique applicable à une station télégraphique mobile.

54. La meilleure pile sèche.

55. Pile électrique offrant toute garantie au point de vue hygiénique, d'un entretien facile et peu coûteux et pouvant servir à l'éclairage domestique.

56. Pile thermo-électrique robuste, d'un système de chauffage économique et applicable :

a) A l'éclairage domestique.

b) A d'autres usages.

57. Procédé d'éclairage électrique des navires à voiles.

58. Le meilleur accumulateur. On s'attachera surtout aux points suivants : rapidité de la formation et de la charge; poids minimum; capacité maxima et coefficient de restitution en ampères-heures; intensité et constance du courant de décharge; force électro-motrice ; durée de l'accumulateur et de déformation des lames.

59. Horloges électriques :

a) Distribution électrique de l'heure au moyen d'un régulateur.

b) Système électrique de remise à l'heure.

c) Horloges électrique fonctionnant isolément

60. *a*) Système d'avertissement automatique indiquant à distance la température de divers locaux d'un monument ou d'un établissement quelconque.

b) Avertisseur d'incendie automatique pour établissement public.

c) Avertisseur d'incendie à l'usage du public dans les rues d'une ville.

61. Contrôleur de rondes.

62. Procédés nouveaux ou perfectionnements à des procédés existants dans l'art d'extraire les métaux de leurs minerais par le courant électrique.

63. Procédés électriques pour le travail des métaux (fusion, soudure, etc.).

64. Procédés d'application de l'électricité à la chimie industrielle (distilleries, sucreries, blanchiment, etc.).

65. Applications de l'électricité aux chemins de fer.

Appareils de communications électriques :

a) Appareils de correspondance électriques entre les agents des stations et ceux de la route.

b) Intercommunications électriques dans les trains.

c) Communications des postes fixes avec les trains en marche et de ceux-ci entre eux.

66. *a* Appareil électrique appliqué à la réalisation du bloc-system.

b) Système de signal manœuvré électriquement à distance.

c) Appareil appliqué à la réalisation de l'interlocking-system.

d) Appareil électrique de manœuvre à distance des barrières.

67. Frein électrique.

68. Appareils d'avertissement et de contrôle :

a) Avertisseurs et contrôleurs automatiques de la marche des trains.

b) Contrôleurs du fonctionnement des disques ou sémaphores.

c) Contrôleurs de la position des aiguilles.

d) Contrôleurs de feux de disques.

e) Contrôleurs de la vitesse des trains.

f) Contrôleurs du niveau de l'eau dans les cuves et châteaux d'eau.

69. 1° Système d'éclairage électrique des trains.

2° Système de chauffage électrique des trains.

70. Traction électrique :

a) Par accumulateurs (voitures automotrices).

b) Par stations fixes transmettant l'énergie à l'aide : des rails existants, de rails spéciaux, de lignes aériennes.

c) Application aux lignes principales, aux lignes secondaires, aux tramways.

d) Telphérage.

71. Appareil électrique enregistrant toutes les variations de vitesse d'un moteur, spécialement les variations par tour.

72. Régulateur électrique pour moteurs électriques et autres.

73. Application de l'électricité au tirage des mines :

Les meilleures machines et les meilleurs procédés pour l'inflammation :

a) Des amorces à haute tension.

b) Des amorces à moyenne tension.

c) Des amorces à basse tension.

74. Application de l'électricité aux armes à feu :

Le fusil électrique le plus perfectionné.

Les procédés les plus pratiques pour la mise à feu par l'électricité aux pièce d'artillerie.

Les procédés électriques les plus perfectionnés pour la manœuvre des pièces lourdes.

75. Applications de l'électricité aux torpilles :

Le meilleur système de torpille électrique fixe.

Le meilleur système de torpille automobile dirigeable par l'électricité.

ANNEXE

76. Une récompense sera décernée à l'invention la plus remarquable en électricité non prévue dans les questions proposées au concours.

Éclairage Électrique

Le procédé de M. de Bernd pour la réparation des filaments cassés dans les lampes à incandescence, dont nous avons eu l'occasion de parler dernièrement, consiste à ouvrir le globe à un endroit commode et à ramener ensemble les deux bouts des filaments ; on remplit le globe d'un hydro-carbure et l'on carbonise. Quand les deux bouts sont réunis ensemble, on recouvre le joint d'une pâte de charbon pour plus de sureté et l'on carbonise de nouveau. Pour enlever toute cette poussière ou saleté du globe, il suffit, paraît-il, d'y souffler de l'air et en même temps de passer la flamme d'un chalumeau à l'extérieur. Il va sans dire qu'il faut ensuite refaire le vide dans le globe. Les brevets de ce procédé sont tombés dans le domaine public, de sorte que tout le monde peut s'en servir, mais la réparation coûte presque autant qu'une nouvelle lampe.

Le directeur du théâtre de la Renaissance vient de traiter avec M. Clemançon pour l'éclairage électrique de son théâtre, pour une durée de cinq ans, à partir de la réouverture prochaine.

On annonce que la Compagnie Continentale Edison vient de traiter avec les pouvoirs publics pour la création d'une usine centrale, qui fournira la lumière au Théâtre Français et aux maisons et boutiques du Palais-Royal.

On parle aussi d'établir une station centrale d'électricité au coin du Boulevard de Strasbourg et des grands Boulevards. L'entreprise serait faite par NN. Dany Lepage et Cᵉ.

Le conseil municipal de Cologne vient de voter une somme d'environ 20000 francs pour l'achat d'une voiture contenant tout le matériel nécessaire à des installations d'éclairage électrique provisoires, par exemple pendant l'exécution des travaux de construction pressés pour la ville. La question des usines centrales d'électricité a également été discutée par le conseil qui examinera prochainement plusieurs plans pour une ou plusieurs stations centrales.

La ville de Pisck, en Bohême, est éclairée à l'électricité au moyen de foyers à arc du système Krizik. La force motrice est fournie par une chute d'eau dans le voisinage. Le même système sera prochainement installé à Tabor. Les deux villes étaient jusqu'ici éclairées au pétrole.

Télégraphie et Téléphonie

Dans la séance du 20 juillet la chambre des députés a renvoyé à la Commission du budget de 1888, le projet de loi portant approbation de la convention relative à la pose, l'entretien et l'exploitation des câbles télégraphiques sous-marins entre la côte orientale d'Afrique, Madagascar et la Réunion.

L'administration générale des Postes et Télégraphes en Allemagne vient d'ouvrir un réseau téléphonique à Oranienbourg près de Berlin. Le 15 juillet dernier le nouveau réseau a été mis en communication téléphonique directe avec Berlin.

Le gouvernement roumain a dernièrement été saisi par un syndicat étranger d'une demande en concession d'un réseau téléphonique pour la ville de Bucharest. Cette demande a été rejetée par le Ministre de l'Intérieur qui a remarqué que le gouvernement avait l'intention de s'occuper prochainement lui-même de cette entreprise, dont l'exploitation serait en tous cas réservée à l'Etat.

ERRATUM

M. J. Luvini nous signale les erreurs suivantes qui se sont glissées dans ses articles des nᵒˢ 28 et 29.

Nº 28, page 78, 2ᵉ colonne, ligne 29, lire *d'inclinaison* au lieu de *déclinaison*.

Nº 29, page 125, 1ʳᵉ colonne, ligne 17, lire *Riess* au lieu de *Urich*.

Nº 29, page 126, 1ʳᵉ colonne, ligne 16, lire *masse* au lieu de *nuage*.

Le Gérant : Dʳ C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 13 AOUT 1887 N° 33

SOMMAIRE. — Sur l'emploi des dynamos en télégraphie ; P.-H. Ledeboer. — Note sur un nouveau galvanomètre ; B. Marinovitch. — La télégraphie sous-marine; E. Wunschendorff. — L'aluminium et son électro-métallurgie ; G. Richard. — Les Annales du bureau central météorologique de France ; A. Palaz. — Le rôle de l'électricité dans la cristallisation ; C. Decharme. — Revue des travaux récents en électricité : Aperçu historique sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique, d'après M. Exner. — Balance électrodynamique pour la mesure pratique des courants intenses, par M. E. Guinand. — Le dépôt galvanique du fer et le fer électrolytique. — Sur des oscillations électriques très rapides, par M. H. Hertz. — Théorie du phénomène de Hall, par M. D. Goldhammer. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Autriche ; J. Kareis. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettre de M. Menges. — Faits divers

SUR

L'EMPLOI DES DYNAMOS

EN TÉLÉGRAPHIE

La télégraphie a été pendant de longues années, la seule application pratique de l'électricité : ceci tient peut-être partiellement à ce fait, que la télégraphie n'exige que des courants faibles et que la production économique de grandes quantités d'électricité, est un problème que l'on n'a résolu que depuis peu d'années.

Avant l'invention des dynamos, il n'y avait guère que les piles qui pouvaient fournir de l'électricité, et pour obtenir un courant quelque peu intense, on était obligé de recourir à la pile Bunsen, dont un des moindres défauts est de ne pouvoir fonctionner que pendant quelques heures. Aussi la lumière électrique était-elle alors une curiosité scientifique, revenant à des prix exorbitants.

L'emploi des piles en télégraphie ne présente plus du tout les mêmes inconvénients que pour l'éclairage, car le courant nécessaire au fonctionnement d'un appareil télégraphique est environ mille fois plus faible que celui qu'il faut pour produire l'arc électrique, et c'est comme nous le disions, cette circonstance qui a permis l'emploi du télégraphe électrique bien avant l'invention des dynamos.

Au surplus les piles employées en télégraphie, sont des plus simples. Prenez un vase pas trop petit, faites arriver au fond un fil de cuivre, dont l'extrémité est enroulée en spirale plate pour augmenter la surface, et dont le reste est isolé, jetez au fond du vase des cristaux de sulfate de cuivre et versez de l'eau ordinaire, plongez finalement dans la partie supérieure du vase un bout de zinc, vous aurez constitué une pile très convenable au point de vue de la télégraphie électrique, et qui peut durer des mois entiers, sans qu'on n'ait besoin d'y toucher, si ce n'est pour y ajouter l'eau perdue par évaporation.

Ces piles, comme on le voit, ne doivent pas revenir à un prix bien élevé, et c'est en effet de cette pile connue sous le nom d'élément Callaud qu'on se sert le plus souvent en télégraphie. Si dans certaines intallations on les a remplacées par d'autres piles, comme par exemple les piles Leclanché, cela tient, à ce que ces dernières peuvent durer beaucoup plus longtemps encore, ce qui contrebalance et au delà, la différence du prix d'achat.

Ces piles n'ont à fournir que très peu d'élec-

tricité. Le maximum du courant exigé ne dépasse pas 15 milliampères dans des conditions ordinaires, et si nous nous en tenons à l'élément genre Daniell, dont nous venons de parler, il suffit d'un nombre d'éléments modéré pour actionner une ligne de longueur moyenne. Quant à la dépense en zinc et en sulfate de cuivre on trouve, en supposant que la pile reste fermée 10 heures par jour sur la ligne, ce qui correspond à un travail télégraphique continu de 24 heures par jour, que cette dépense est d'environ 50 grammes de zinc par an et de 250 grammes de sulfate de cuivre. En réalité, bien que la pile ne fournisse pas un travail aussi considérable, les chiffres de dépenses sont bien supérieurs et cela par la perte qui se fait à l'intérieur de la pile, par des actions parasites locales.

Combien d'éléments faut-il pour un poste télégraphique ?

Les lignes ordinaires en fil de fer, ont 4 millimètres de diamètre et 10 ohms de résistance par kilomètres ; pour des lignes très longues, on prend du fil de 5 millimètres dont la résistance est un peu moindre. On peut ainsi compter qu'il faut 19 à 20 éléments Callaud par 100 kilomètres de fil, ce qui dépend d'ailleurs de l'appareil récepteur. Sur les lignes les plus longues, qui n'atteignent pas 1000 kilomètres, il faut environ 100 éléments Callaud ou un peu plus de 100 volts. Avec des relais, on travaille à des distances bien plus longues. Comme expériences dans des conditions très favorables, la plus grande distance qu'on ait atteint est, croyons-nous, celle de Londres à Calcutta (6000 kilomètres) mais nous ignorons le nombre de relais.

Quant à la dépense d'entretien de l'élément Callaud, nous trouvons dans le *Traité de la Pile Électrique* de Niaudet Fontaine [1], le prix de 71 centimes et 3 francs par élément et par an. Comme il faut nettoyer la pile tous les trois ou quatre mois, et comme il faut changer le zinc tous les ans, nous croyons que ce dernier chiffre est plus près de la vérité que le premier, d'autant plus qu'il faut compter les frais du personnel chargé de l'entretien de la pile

On sait qu'avec une dynamo, on produit de l'électricité à un prix infiniment plus bas qu'avec des piles, et l'idée est certainement venue à beaucoup de personnes, aussitôt après la découverte de la dynamo, de la substituer aux piles.

Plusieurs essais dans ce genre ont déjà été faits, mais jusqu'ici sans beaucoup de succès, d'après les renseignements que nous avons pu nous procurer.

Nous trouvons dans le *Journal Télégraphique* de Berne (1884, p. 129), un article de M. Rothen sur le sujet même qui nous occupe et nous ne pouvons mieux faire, pour traiter l'historique de cette question que de citer quelques extraits de cet article.

Voici ce que cet auteur dit sur les nombreux embarras que cause l'entretien de la pile.

« Si propres qu'elles soient immédiatement après leur composition, les piles ne tardent pas à se salir et c'est là un défaut dont aucune des nombreuses formes employées n'a pu être affranchie.

Il se produit bientôt des cristaux qui montent le long des bords des récipients pour redescendre à leur surface extérieure ; les vases poreux deviennent imperméables ou leurs parois se couvrent d'arborescences cuivreuses ; les zincs se revêtent de croûtes profondément adhérentes que tous les efforts sont impuissants à enlever ; au fond des vases, il se dépose des pâtes noirâtres sans définition précise ; les contacts avec les fils s'oxydent rapidement, etc, etc. Tous ces inconvénients des piles, les télégraphistes ne les connaissent que trop et il n'est pas nécessaire d'insister plus longtemps pour faire ressortir combien, au point de vue de la propreté et de la facilité de l'entretien, il serait avantageux de remplacer les piles par des dynamos. »

Voilà ce que nous lisons encore dans cet article relativement à l'historique de la question.

« Les premiers essais qui, à notre connaissance aient été tentés dans ce sens, sont ceux de M. Louis Schwendler, de son vivant électricien en chef de l'Administration des Indes britanniques. Les premières expériences datent de 1879, et en 1880 une machine dynamo-électrique Siemens, type A, avait été placée à une petite distance (2 kilom. 8) du bureau de Calcutta (fig. 1). Le pôle négatif de la machine *m* était mis en communication avec la terre T par 3 plaques de cuivre ayant une résistance de 1,67 ohm. L'autre pôle était en communication avec des manipulateurs ordinaires qui permettaient de le diriger sur différents

[1] p. 131 et 135.

fils télégraphiques, successivement l'un après l'autre ».

Comme il n'était pas possible d'amorcer la dynamo sur le circuit télégraphique, un second circuit à faible résistance alimentait un régulateur à arc Serrin, ou bien travaillait sur une résistance auxiliaire *r* de 1,517 ohm; un ampèremètre *a* intercalé dans le circuit excitateur permettait de mesurer l'intensité du courant produit par la dynamo.

On a ainsi pu télégraphier sur 11 lignes différentes qui d'ordinaire sont desservies par des piles variant de 20 à 195 éléments. Dans tous les cas, on a obtenu un succès complet, mais jamais l'on n'envoyait le courant dérivé que dans *une seule ligne à la fois.*

Un autre essai dont parle l'auteur de cet article

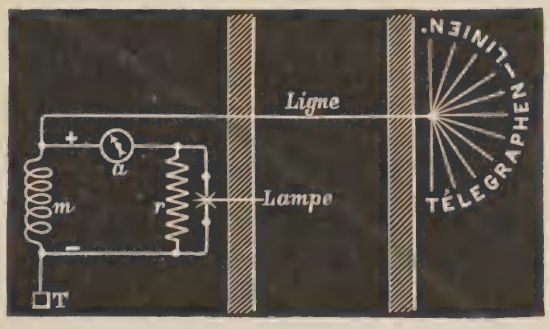


Fig. 1

a eu lieu à Berlin en 1884. On travaillait à la fois sur 40 lignes; on cite cette particularité curieuse, c'est que la différence de potentiel aux bornes de la dynamo n'était que de 40 volts, tandis que les piles employées à l'ordinaire comptaient jusque 80 éléments, c'est-à-dire une force électromotrice double. Le service avec la dynamo ne s'en est pas moins parfaitement effectué, bien que la force du courant variât beaucoup d'une ligne à l'autre par suite des grandes différences de résistances.

Quant au système employé, il consistait en une dynamo amorcée par une autre petite machine, et la machine dynamo-électrique n'agissait pas directement sur les lignes, mais un courant passait par différents inducteurs, variés suivant la résistance des lignes.

Nous avouons ne pas bien saisir ceci, particulièrement ce qui concerne les inducteurs dont parle l'auteur.

D'autres essais avaient été faits antérieurement à New-York; voici en quoi consiste ce système, qui ne comporte pas moins de cinq machines dynamo-électriques (fig. 2).

Quatre machines de ligne sont reliées en série et excitées par une cinquième machine indépendante; on peut prendre ainsi quatre différences de potentiel, de 25, 50, 75 et 100 volts.

On voit que ce système, dont l'ensemble est tout à fait disproportionné avec le résultat à atteindre, ne permet pas de réaliser des potentiels intermédiaires.

Nous croyons que ces préliminaires suffisent pour mettre le lecteur au courant de notre sujet :

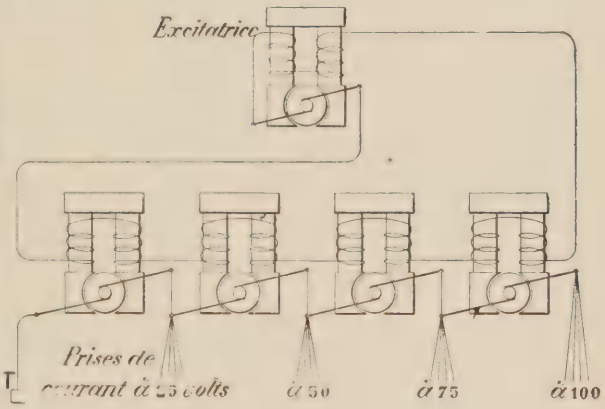


Fig. 2

comme on voit la solution était loin d'être trouvée.

Nous mentionnerons encore la combinaison qui consiste à employer concurremment avec des dynamos, des accumulateurs. On voit immédiatement qu'ici on n'a résolu la question qu'à moitié, puisque on se sert toujours des piles (la pile secondaire rentrant dans le genre pile) et il est facile à voir que les économies réalisées ainsi seraient fort minimes.

Nous voulons insister aujourd'hui, sur un nouveau système dû à M. Pierre Picard, système qui est excellent, paraît-il, puisqu'il fonctionne depuis plusieurs mois et qui consiste à remplacer tous les éléments d'un grand bureau central par une seule dynamo.

Voici comment M. Picard dispose son système :

Il s'agit de fournir à chaque poste la différence de potentiel nécessaire pour envoyer sur la ligne

l'intensité normale, comprise entre 10 et 15 milliampères. Ces différences de potentiel vont en croissant jusqu'à 100 et quelques volts pour les grandes lignes. Il faut en outre que l'appareil ne soit pas parcouru localement par un courant trop fort lorsque par une cause quelconque il se produit un court-circuit; il faut en outre que tous les postes soient indépendants les uns des autres.

Dans ce but, M. Picard a radicalement rompu avec les idées étroites de ses prédécesseurs, qui voulaient absolument utiliser le courant principal à un service quelconque, à l'éclairage ou à autre chose. Nous reconnaissons avec M. Picard que c'était là une route absolument fausse.

En effet, outre les irrégularités qui pouvaient résulter des variations de l'arc, comme dans le système Schwendler qui a fait tant de bruit à l'époque de son apparition, on annihilait certains avantages qu'on regardait alors comme secondaires et qui ont précisément été l'objet principal du problème résolu par M. Picard; nous voulons parler de la faculté que donne son système de faire des prises de courant à tous les potentiels intermédiaires entre 0 et le maximum: 100, 110 ou 120 volts.

C'est à cela certainement que l'auteur doit le succès des expériences qui datent du commencement de l'année courante.

Rompant avec les économies dérisoires, M. Picard sacrifie carrément ce que ses devanciers épargnaient si précieusement.

Un des pôles de la machine est directement relié à la terre et l'autre à travers une résistance d'environ 5 ohms. La machine à vide, débite par conséquent, environ 20 ampères; c'est là le sacrifice, c'est là le prix de la régularité, de l'indépendance des circuits et de la faculté de demander à la source tous les potentiels nécessaires.

Considérons d'un peu plus près la perte d'énergie absorbée par cette résistance; nous avons vu qu'il passe environ 20 ampères, ce qui correspond avec une différence de potentiel de 110 volts, à un travail équivalent à trois chevaux électriques.

Ceci nécessite une consommation de 5 à 10 kilos de charbon au plus à l'heure. On voit donc que cette dépense supplémentaire est absolument négligeable et nous ferons observer à cet égard, que la tendance actuelle, dans les installations d'éclairage électrique, par exemple, est de sacrifier dans une assez large mesure, à la régularité de fonctionnement un surcroît d'énergie absorbée dans les résistances auxiliaires qu'on est obligé d'intercaler dans le circuit de chaque lampe pour assurer leur indépendance.

C'est le long de cette résistance que sont prises aux points voulus toutes les dérivations nécessaires aux manipulateurs.

Comme en télégraphie on travaille suivant les appareils le pôle positif ou le pôle négatif, ou même les deux pôles à la fois, il est nécessaire d'avoir recours à deux machines, donnant l'une le pôle positif, l'autre le pôle négatif.

On pourrait bien, à la rigueur, se contenter d'une seule machine ayant une force électromotrice double, et mettre le milieu de la résistance auxiliaire à la terre, de façon à réaliser deux échelles de potentiel, l'une positive l'autre négative, le long desquelles on ferait les prises de courant, mais il faudrait pour cela, comme nous venons de le dire, une machine de construction spéciale, tandis qu'avec l'autre dispositif, il suffit de prendre des machines Gramme, type d'atelier, ou d'autres machines donnant de 100 à 110 volts, et, comme on le sait, ces machines sont d'une construction courante.

La figure 3 est une vue d'ensemble où sont représentées les deux machines positives et négatives. A gauche sont les échelles des potentiels correspondant à ces machines. De ces échelles partent des câbles communiquant aux rosaces des piles des différentes salles. Les fig. 4 et 5 donnent les détails de ces rosaces.

La figure 4 donne la vue extérieure d'une de ces rosaces. Aux bornes fixes qu'on voit sur deux rangées concentriques sur le bord extérieur de la figure viennent s'attacher à demeure les câbles dont l'autre extrémité est fixée aux divers points de l'échelle des potentiels.

D'autre part, à ces diverses bornes sont attachés des fils volants, qui passent en un faisceau par le centre de la rosace et qui correspondent aux divers appareils.

La figure 5 est une vue d'intérieur des communications fixes de cette même rosace.

Il va sans dire que tous ces fils sont numérotés aux deux extrémités, et par cela même toute erreur est rendue impossible.

L'ensemble du système est représenté schématiquement dans la fig. 6: on y voit, en outre de l'échelle des potentiels, un tableau de résistances, variant dans notre cas, de 40 à 400 ohms.

Ces résistances auxiliaires ont pour but de limiter à 1/4 d'ampère le courant maximum, qui peut circuler dans chaque circuit lorsque, accidentellement, il se produit un court-circuit.

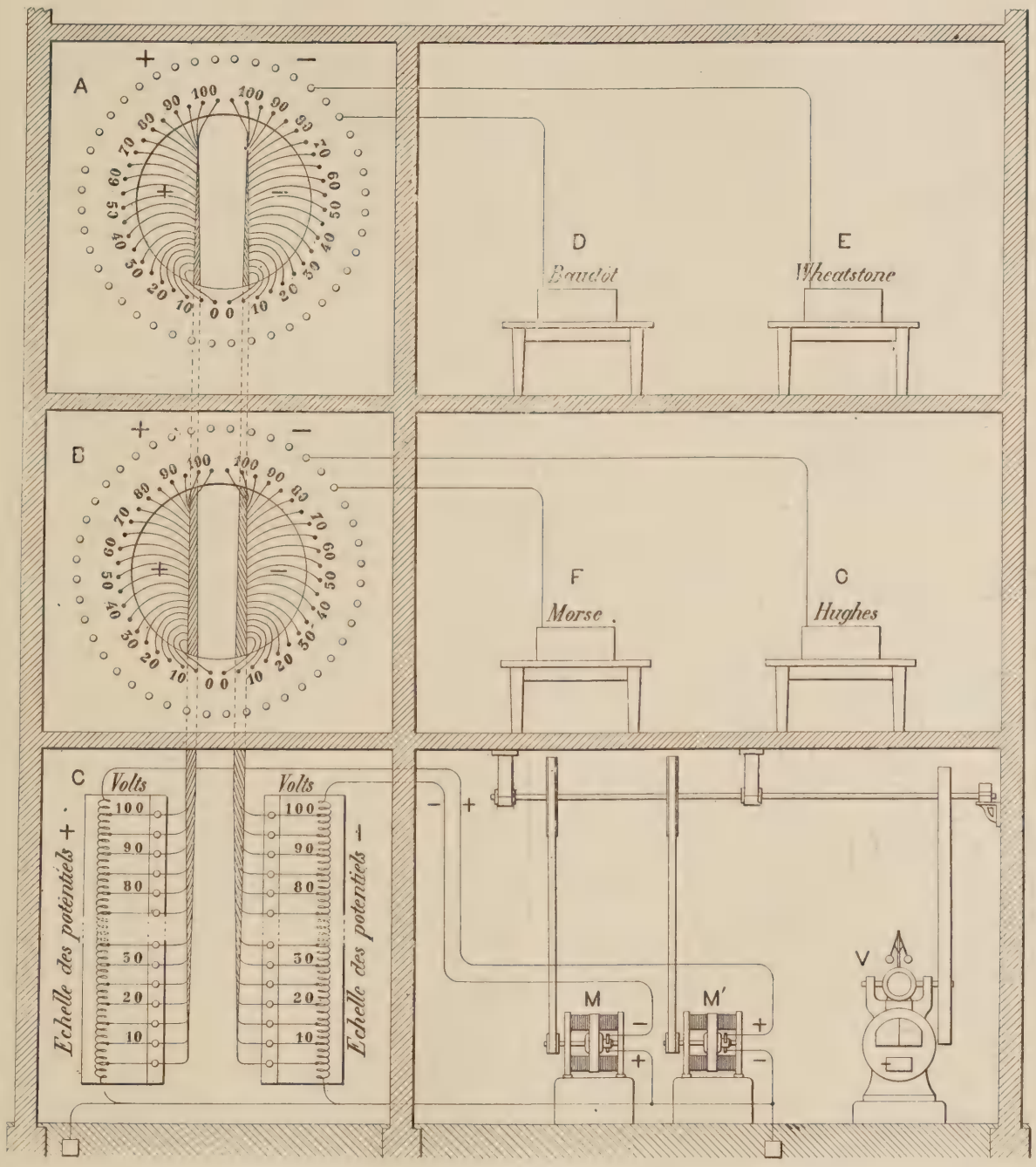


Fig. 3

On remarquera sur la droite de ce schéma, une sonnerie d'appartement S, avec le bouton d'appel B dont l'usage est fréquent dans chaque bureau. On voit que les petites piles se trouvent

supprimées en même temps que les grandes.

Au bureau central de Paris, il y a environ 400 postes, actuellement desservis par plusieurs mil-

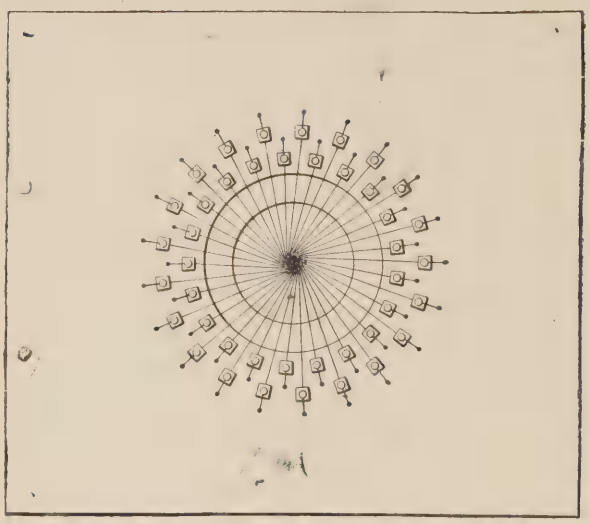


Fig. 4

liers d'éléments Callaud. Supposons donc qu'on travaille à la fois tous ces postes, il faudrait un

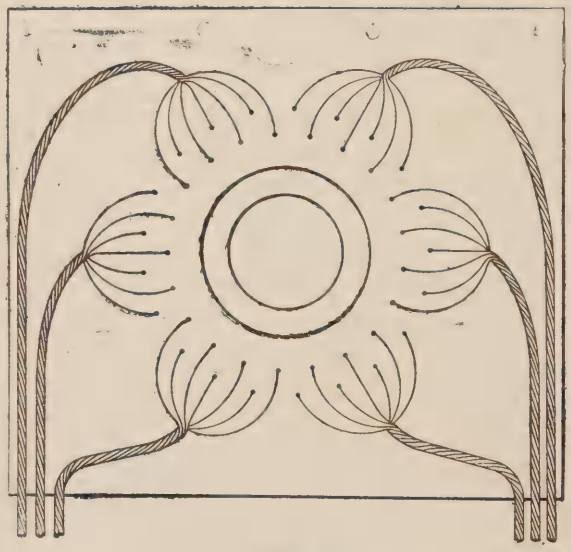


Fig. 5

courant maximum de $400 \times 0{,}015 = 6$ ampères avec une différence de potentiel variable pour chaque poste.

Le moyen employé par M. Picard est comme nous venons de le dire aussi ingénieux que simple. Il prend avons-nous dit une dynamo, une machine ordinaire de Gramme et il fait travailler cette machine avec une intensité normale de 20 ampères en lançant le courant dans une série de résistances. On sait qu'on obtient dans ces conditions une différence de potentiel aux bornes de la machine, ou, ce qui revient au même, aux bornes de la résistance, d'environ 100 volts et dépendant de la vitesse de rotation de la machine.

Supposons maintenant que tous les postes travaillent et qu'ils envoient simultanément un si-

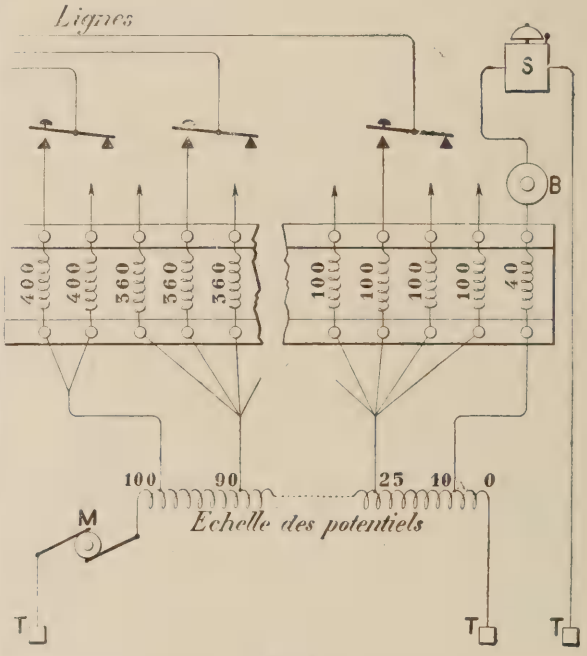


Fig. 6

gnal, la machine devrait, dans ce cas, fournir un courant de 26 ampères, au lieu de 20 ampères. En prenant une machine dont la caractéristique est presque horizontale entre ces deux limites d'intensité, ce qui arrive à peu près pour la machine Gramme, type d'atelier, on obtient la même différence de potentiel et cela indépendamment du travail des appareils télégraphiques.

Pour réaliser la résistance fixe dans laquelle doit circuler le courant continu, il faut dans notre cas 5 ohms environ ; on peut prendre soit du fil de maillechort soit du fil de cuivre, mais l'inventeur préfère du fil de maillechort dont la section n'est pas trop faible.

On met un pôle à la terre et à chaque dixième d'ohm correspond une différence de potentiel de 2 volts. Ainsi, pour une ligne de 100 kilomètres, on prendra la dérivation sur la résistance de deux ohms environ.

Il faut encore veiller à ce que le courant de la machine ne puisse pas dépasser une certaine limite, lorsqu'un court-circuit est produit par une cause quelconque. Il suffit comme nous l'avons vu d'intercaler une résistance auxiliaire, calculée de telle façon que l'intensité ne puisse pas dépasser une limite assignée à l'avance.

On voit donc que le système de M. Picard est très simple et qu'il répond absolument à tous les besoins.

Ce système est installé au bureau central, rue de Grenelle et les résultats obtenus sont très satisfaisants, puisqu'il paraît qu'aucun télégraphiste ne s'est aperçu de la substitution de la machine à la pile sur sa ligne, ce qui est évidemment le plus bel éloge du système.

Quant à l'adoption de ce système, c'est-à-dire au remplacement intégral de toutes les piles par la dynamo, il paraît qu'actuellement on n'ose pas le faire et cela pour des raisons spéciales indépendantes du système lui-même.

Un spécialiste au courant de cet essai, et que nous avons entretenu de ce sujet nous a dit que, bien que le système de M. Picard n'ait donné lieu jusqu'ici à aucune réclamation, l'administration n'est pas encore décidée à l'adopter, principalement parce que l'emploi d'une seule dynamo pour tout le réseau n'offre pas assez de garanties.

Le service total est trop important pour qu'on puisse s'exposer à des accidents qui se chiffreraient par une perte tout à fait disproportionnée avec les bénéfices à réaliser.

Qu'on suppose, disait-on, que, même pendant quelques heures seulement, par suite d'une avarie, soit au moteur, soit à la dynamo le service télégraphique entier se trouve interrompu et on jugera de la perturbation apportée au service.

Avec des piles on a toute sécurité, et si, par hasard, il arrive quelque chose à une série, on peut la remplacer instantanément par une autre série qu'on a en réserve. Avec une dynamo, rien de pareil; il suffit de la moindre circonstance pour tout arrêter.

A cela, nous pourrions répondre, que si c'est là la seule objection, il serait facile d'y remédier en installant deux circuits complètement indépendants avec deux dynamos et au besoin une machine à gaz à côté de la machine à vapeur actuelle.

Ayant ainsi deux circuits complètement indépendants, 2 moteurs et 2 dynamos, avec un jeu de commutateurs facile à réaliser, il est matériellement impossible que le système vienne à manquer.

Il faut d'ailleurs constater que cette crainte des dérangements des appareils électriques commence à diminuer. Si nous avons bonne mémoire on a installé dans le temps, au Havre, pour l'éclairage électrique du port, deux circuits différents par crainte d'accidents et jusqu'ici jamais on ne s'en est servi.

Aux docks d'Anvers il existe un éclairage électrique depuis fort longtemps et la Société est obligée de payer une forte amende pour chaque lampe qui s'éteint pour une cause quelconque. Il est à noter que cet éclairage dure toute la nuit depuis le coucher du soleil jusqu'au jour et le directeur M. Gruss nous a affirmé que depuis plus de 10 ans on n'a eu aucune amende à payer. Aucune lampe ne s'est éteinte depuis ce temps.

Ainsi, pour le remplacement des piles du poste central, la question des accidents doit être absolument éliminée d'après nous.

Dans l'état actuel, il arrive cependant quelquefois que, pour une cause quelconque, le service télégraphique se trouve interrompu, comme cela est arrivé, par exemple, pendant des aurores boréales. Avec une dynamo, il paraîtrait même plus facile de surmonter ces influences atmosphériques, qu'avec des piles puisqu'on peut disposer plus facilement d'un courant plus fort.

Nous serions très heureux d'apprendre qu'on a définitivement adopté l'idée ingénieuse de M. Picard, et nous espérons qu'on n'attendra pas, comme cela arrive trop souvent, que cette idée se trouve d'abord adoptée par d'autres que l'inventeur et ne revienne au point de départ qu'après plusieurs années et après avoir été adoptée par les pays voisins.

Bien que le système de M. Picard ne soit que l'application directe du principe de la chute de potentiel le long d'un conducteur parcouru par un courant électrique, et bien que l'idée d'employer des dérivations d'une machine dynamo, à l'usage de la télégraphie, remonte déjà assez haut, on n'avait pas encore, que nous sachions, donné à

la question toute l'étendue dont elle était susceptible.

C'est donc une solution tout à fait neuve, quoique reposant sur des principes connus, et c'est précisément dans sa simplicité que réside la valeur de ce système.

Nous croyons donc que le système actuellement à l'essai, répond à tous les *desiderata* et qu'il procurera, en outre, une économie très appréciable sur l'emploi des piles. Cette installation serait certainement peu coûteuse, puisqu'on a sous la main la force motrice qui sert à l'éclairage électrique du poste central.

P.-H. Ledeboer

NOTE SUR UN

NOUVEAU GALVANOMÈTRE

La maison Woodhouse et Rawson construit, en ce moment-ci, un galvanomètre dont le principe est assez original. Nous n'avons pu nous procurer les dessins complets de cet appareil, mais la figure schématique ci-contre, suffit parfaitement à faire comprendre le principe de l'instrument.

Entre les pièces polaires P, P′ d'un électro-aimant en fer à cheval, se trouve monté sur pointes, et mobile autour d'un axe normal au plan de la figure, un système de deux aiguilles en fer doux A A′ et *a a′*. Ces deux aiguilles sont solidaires l'une à l'autre, et font entre elles un angle de 90° environ. L'aiguille *a a′* est de dimensions beaucoup plus petites que l'aiguille A A′.

Si l'on fait passer à travers la spire de l'électro-aimant P, P′, un courant d'intensité *i*, on crée un champ magnétique d'une certaine valeur, et chacune des aiguilles *a a′*, A A′ étant soumises à l'action d'un couple, le système mobile prend une position d'équilibre déterminée par la grandeur et le sens du couple résultant. Si l'intensité *i*, et avec elle la valeur du champ magnétique, varient, le couple résultant varie également et le système mobile se déplace pour prendre une nouvelle position d'équilibre. Ce résultat tient, évidemment, à ce que la petite aiguille *a a′* arrive à la saturation magnétique, beaucoup plus vite que l'aiguille A A′. L'angle de déviation α est en effet déterminé par la condition d'équilibre

$$\frac{f}{F} = \text{cotang } \alpha$$

Si l'on prenait deux aiguilles en fer doux identiques, l'équilibre aurait toujours lieu pour $\alpha = 45°$, quelle que fut la valeur du champ magnétique. Avec des aiguilles dissemblables, mais dont les moments magnétiques induits varieraient proportionnellement, le premier membre de l'équation précédente resterait constant et l'angle α également.

Mais, si la courbe de l'aimantation induite n'est

pas la même pour les deux aiguilles, et c'est le cas de l'appareil que nous décrivons ici, le quotient $\frac{f}{F}$ varie en même temps que le champ magnétique et à chaque valeur de celui-ci correspond une valeur déterminée à l'angle α.

Un caractère particulier de ce galvanomètre est que l'aiguille ne revient pas au zéro. Le système des aiguilles étant, en effet, parfaitement équilibré, demeure toujours dans la position où il se trouvait au moment de la rupture du circuit.

Théoriquement, l'aiguille devrait revenir au zéro, puisque le champ magnétique, pour passer d'une valeur H à la valeur zéro, doit évidemment passer par toutes les valeurs intermédiaires ; mais le système des aiguilles, quelque léger qu'il soit, a néanmoins une inertie trop grande pour enregistrer une variation aussi rapide. La propriété que nous mentionnons ici peut être utile dans certains cas.

Nous n'insisterons pas sur les avantages que les fabricants de cet appareil se plaisent à lui prê-

ter : ce sont ceux de tous les instruments de mesure qui n'emploient ni aimant permanent, ni ressort antagoniste.

Il va d'ailleurs, sans dire, que l'appareil, qui est parfaitement apériodique, peut servir soit d'ampèremètre soit de voltmètre.

Les brevets de l'instrument que nous venons de décrire ont été pris au nom de M. Hubert Davies [1], à l'obligeance duquel nous devons les renseignements qui précèdent.

B. Marinovitch

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [2]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION

DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

C. — *Fabrication*

L'enveloppe isolante du premier câble Douvres-Calais, en 1850, ne comprenait qu'une seule couche de gutta-percha de 12,5 millimètres de diamètre. On n'avait pas tardé à reconnaître les inconvénients de cette manière de procéder : si, en effet, la fabrication n'est pas parfaitement conduite, le fil se décentre et vient affleurer l'un des bords du cylindre annulaire de gutta ; d'un autre côté, une soufflure ou une impureté quelconque de la gutta produisant son effet à travers toute l'épaisseur de la matière isolante, donne nécessairement naissance chaque fois à un défaut. Aussi, les âmes du câble à quatre conducteurs de Douvres à Calais, de 1851, furent préparés avec deux couches de gutta. Le nombre de ces couches fut augmenté dans la suite et porté, à titre d'essai au moins, jusqu'à vingt : elles étaient rendues adhérentes les unes aux autres, à l'aide de naphte coaltarisé qui est un dissolvant énergique de la gutta ; mais on ne pouvait obtenir ainsi que de très mauvais résultats.

En 1857, MM. Chatterton et W. Smith trouvèrent qu'un mélange de gutta-percha, de résine et de goudron de Stockholm, dans les proportions indiquées ci-dessous, produisait l'adhérence désirée entre deux feuilles de gutta, sans altérer en rien les propriétés de cette substance :

Gutta-percha	3 parties	en poids.
Résine	1 partie	
Goudron de Stockholm	1 partie	

Cette composition qui fut bientôt universellement employée, et est restée connue sous le nom de *Composition Chatterton*, ne produit pas seulement une adhérence parfaite entre les diverses couches de gutta, mais entre la première de ces couches et le conducteur en cuivre. On a vu, plus haut, que l'on en recouvre également le fil central de la cordelette de cuivre, pour empêcher de petites bulles d'air de rester emprisonnées dans les intervalles compris entre les divers brins. Ces bulles, en faisant éclater l'enveloppe isolante, aux points où se produirait un très léger défaut même, aggraveraient subitement toutes les fautes et l'eau, dès qu'elle aurait eu accès en un seul point du conducteur, cheminerait ensuite sur toute sa longueur, comme dans un tube. Bien qu'inférieure à la gutta-percha comme diélectrique, la composition Chatterton doit encore être considérée comme un bon isolant : aussi l'emploi de cette matière a-t-il eu pour effet de tripler immédiatement l'isolement des câbles.

Depuis un certain nombre d'années cependant, de sérieuses objections ont été élevées contre la composition Chatterton, dans le but d'en faire, sinon proscrire, au moins restreindre notablement l'usage. On a fait remarquer que si le goudron de Stockholm est sans action sur la gutta-percha, il n'en est pas de même de la créosote et d'autres principes analogues qui dissolvent cette substance ; or, les goudrons du commerce en contiennent toujours une quantité plus ou moins grande. L'évaporation d'une partie au moins de l'eau mécaniquement interposée laissant la gutta plus poreuse et par conséquent mieux disposée à l'absorption de ces principes, M. Truman avait

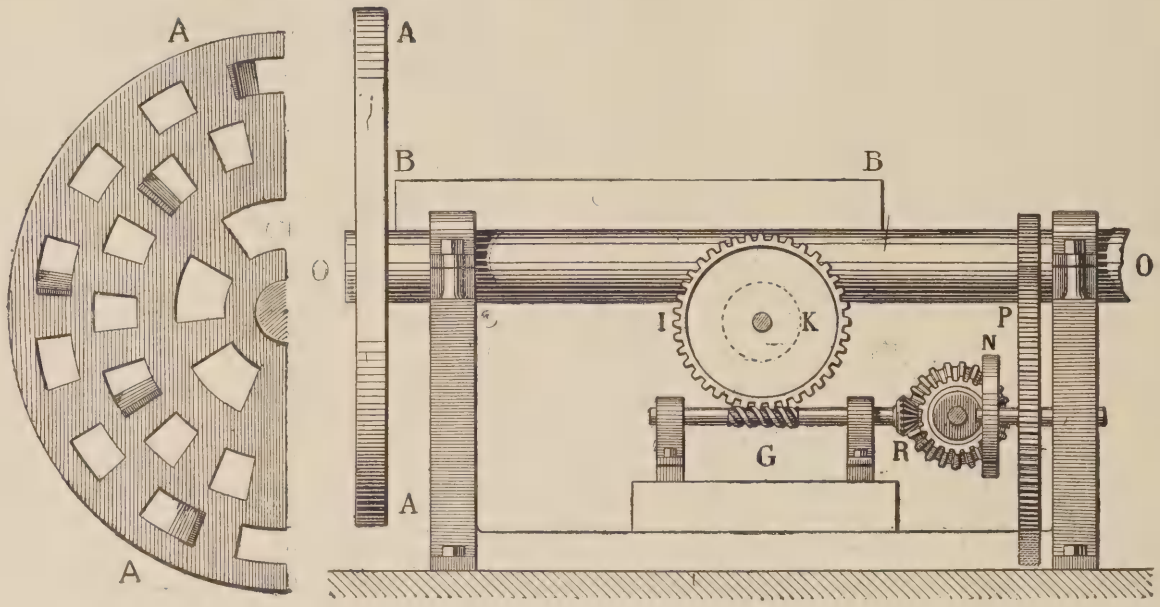
---

(1) *Differential Ammeter and Voltmeter.*

(2) Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* à partir du 2 juillet 1887.

proposé de revenir aux enveloppes de gutta, faites d'une seule pièce.

Il estimait que les procédés de fabrication sont aujourd'hui assez perfectionnés pour qu'il soit possible, sans recourir à l'emploi de couches successives de gutta, d'une part, d'obtenir un bon centrage du conducteur en cuivre, et d'autre part, d'éviter l'introduction des bulles d'air dans le diélectrique. On devait réaliser ainsi en outre une économie sensible sur les frais de fabrication, le fil n'ayant plus à passer qu'une seule fois dans la machine à recouvrir de gutta. Subsidiairement, il conseillait, dans le cas où l'on croirait devoir maintenir l'application de la gutta par couches, de supprimer toute composition intermédiaire [1]. Ces vues n'ont été adoptées jusqu'à présent d'une manière à peu près complète, que pour les câbles souterrains et téléphoniques. En Angleterre on recouvre les conducteurs de ces câbles d'une seule couche de gutta. En France, au lieu de donner à la première couche du diélectrique une surface lisse, on la rend un peu rugueuse et on la chauffe très légèrement, avant de faire repasser le fil une seconde fois dans la presse; on obtient ainsi une adhérence suffisante entre les deux



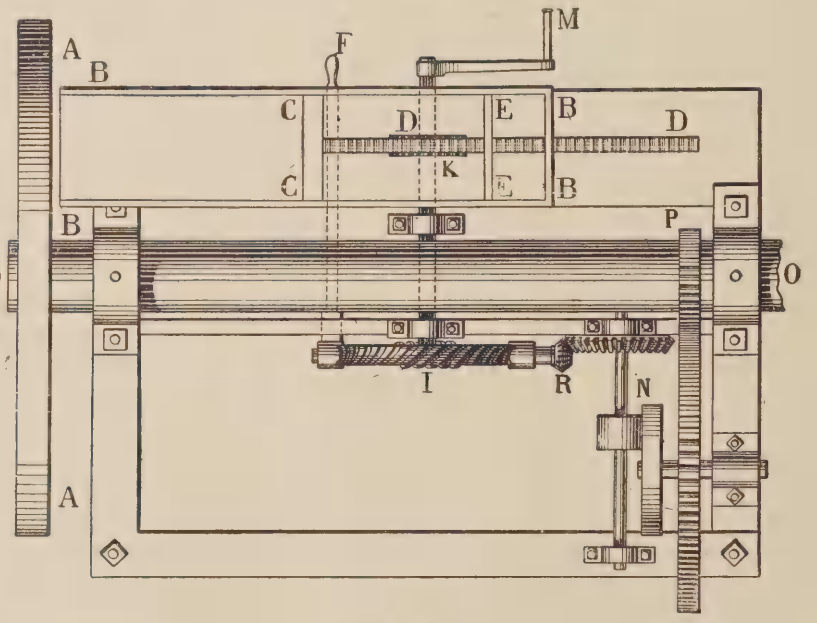


Fig. 54

(1) *Journal of the Society of telegraph Engineers and Electricians*, 1877, vol. VI.

couches. On a cherché cependant à diminuer aussi l'introduction de la composition Chatterton dans les câbles sous-marins qui ont été construits à Silvertown pendant ces dernières années, et qui ont été immergés entre différents points de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud, en réduisant à deux le nombre des couches de gutta.

a. — Épuration de la Gutta-percha

La gutta-percha arrivant en Europe mélangée de toutes sortes d'impuretés, écorces, bois, terre, pierres, morceaux de fer même que les indigènes ajoutent parfois pour en augmenter le poids, ne peut être mise en œuvre qu'après avoir subi une série d'épurations qui, pour ne pas nuire à ses qualités électriques, doivent se faire à chaud, à une température qui ramollisse suffisamment la matière, sans cependant l'amener à l'état de fusion complète.

Les pains de gutta, dont les formes et les dimensions sont très variables, sont d'abord coupés en tranches, à l'aide d'une machine analogue aux coupe-racines et représentée par la figure 54. Une grande roue en bois A à laquelle un arbre de couche O imprime un mouvement de rotation très rapide, est percée, suivant son épaisseur, d'ouvertures ou fenêtres dans une partie desquelles sont enchâssés, comme le fer d'un rabot, des couteaux un peu inclinés et faisant légèrement saillie sur le plan de la roue, du côté de la caisse en bois B. Dans cette caisse se trouve un plateau C muni d'une tige à crémaillère D à laquelle l'arbre O communique, par l'intermédiaire d'une série d'engrenages K, I, G, R, P, et de rouleaux de friction N, un mouvement lent et uniforme de translation vers la roue A. Les pains de gutta qui remplissent la caisse B, en avant du plateau C, sont refoulés contre la roue A et débités en copeaux, au fur et à mesure de leur avancement sous les couteaux. Lorsque le plateau arrive à l'extrémité de sa course, on pèse sur le levier F qui permet de séparer la vis sans fin G de la roue dentée I, et on ramène le plateau C en arrière, à la main, à l'aide de la manivelle M : on recharge de gutta la caisse B et l'opération recommence.

Les tranches ainsi obtenues tombent dans un récipient et sont d'abord purgées, à la main, des matières les plus grossières qu'elles contiennent. On les porte ensuite dans un caisson en fer rempli d'eau qu'un courant de vapeur maintient à une température élevée et qu'un agitateur, mû mécaniquement, brasse constamment. Une partie des impuretés tombe au fond du caisson ; les morceaux de gutta, ramollis, surnagent et s'agglomèrent en une masse pâteuse, compacte, que l'on pêche à l'aide d'une sorte de pelle faite en toile métallique à larges mailles pour la porter dans la râpe.

La *râpe* (fig. 55) se compose d'un tambour en fonte A, sur la périphérie duquel sont enchâssés des couteaux à dents de scie en acier (fig. 56), et faisant au moins 500 révolutions par minute. La masse pâteuse de gutta que l'on verse dans la trémie B, passe entre deux petits rouleaux C et D, l'une lise et l'autre strié à la surface, qui l'amènent sous le tambour A dont les couteaux la déchiquetent en petits morceaux. Ces morceaux tombent dans un grand réservoir en fer plein d'eau froide battue par un agitateur à palette toujours en mouvement. La gutta séjourne pendant deux ou trois heures dans ce réservoir et se débarasse d'une nouvelle partie de ses impuretés : elle surnage, tandis que les matières étrangères tombent au fond.

Après ce nettoyage, on transporte la gutta dans un caisson d'eau bouillante analogue à celui décrit plus haut; lorsqu'elle est suffisamment ramollie, on la soumet à un lavage à fond dans une machine spéciale dite *machine à laver*.

Un cylindre plein A (fig. 57), dont la surface est couverte de cannelures, tourne à l'intérieur d'un cylindre creux B percé de trous et enfermé lui-même dans un second cylindre creux C. La gutta-percha est placée entre le cylindre cannelé et le cylindre B ; l'intervalle des deux cylindres annulaires est rempli d'eau chauffée par un jet de vapeur qu'amène un petit tuyau D. Le mouvement de rotation du cylindre cannelé comprime la masse de gutta contre le cylindre B et la force à s'étaler; toutes les parties de cette substance arrivent ainsi successivement en contact avec l'eau qui en enlève les impuretés. Celles-ci se rassemblent au fond du cylindre C, d'où on peut les évacuer par la porte E.

La gutta ainsi traitée ne contient plus généralement que de très petits débris de matières organiques dont il est préférable de la débarrasser par un procédé purement mécanique, des lavages trop prolongés ayant l'inconvénient d'incorporer

à la gutta une certaine quantité d'eau qu'il devient ensuite très difficile d'éliminer complètement.

Cette opération s'effectue dans une *presse à filtrer*, composée d'un cylindre en fonte très épais A ouvert à l'un de ses bouts (fig. 58) et dans le-

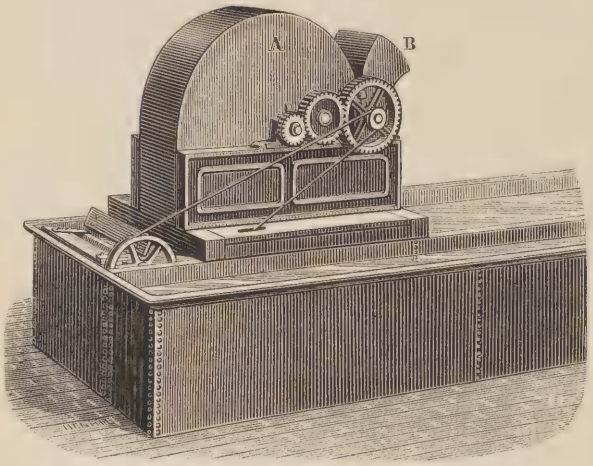


Fig.

quel se meut un piston B (fig. 59), dont la tige C est soumise à l'action d'une presse hydraulique ou reçoit d'un arbre de couche, à l'aide d'une roue dentée engrenant avec une partie filetée de la tige, un mouvement de translation très lent vers le fond du cylindre. Ce fond est fermé par une forte plaque en fonte percée de trous, sur laquelle on applique une toile métallique à mailles très

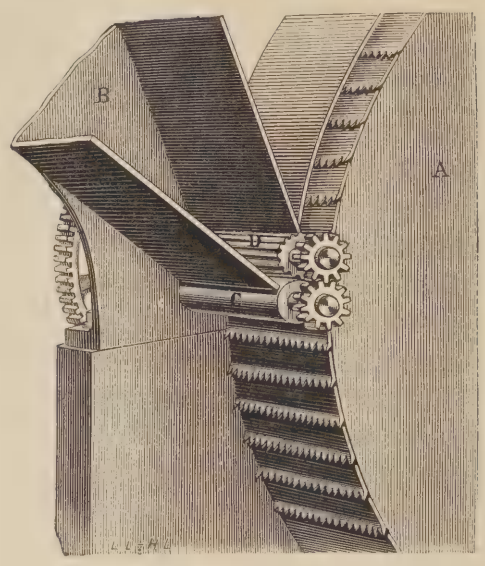
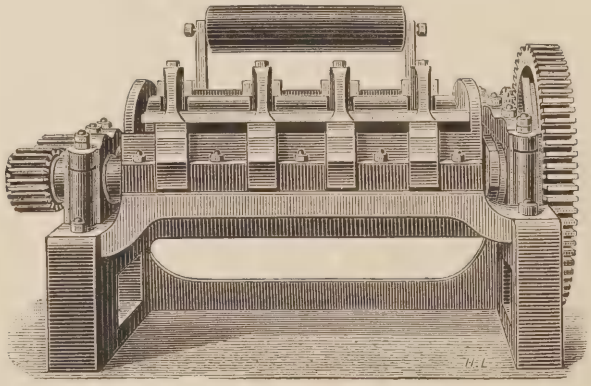


Fig. 58

serrées. Les parois du cylindre sont creuses et remplies de vapeur pour empêcher la gomme de se solidifier. Le cylindre étant rempli de la gutta à purifier, on applique la pression sur le piston ;



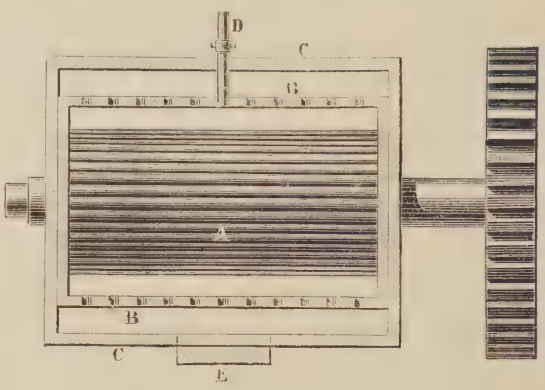


Fig. 57

la matière est refoulée et forcée de filtrer à travers la toile métallique : on la recueille dans un récipient placé sous le cylindre. Lorsque le piston est arrivé à un ou deux centimètres du fond, on arrête le mouvement et on retire de l'appareil un gâteau dans lequel se sont rassemblées toutes les impuretés.

La gutta est portée ensuite dans le *sécheur* composé d'une caisse en fonte rectangulaire ABCD (fig. 60), à doubles parois entre lesquels on fait circuler de la vapeur. La caisse est fermée à sa partie supérieure par un couvercle demi-cylindrique AED, muni d'une partie mobile EF que l'on peut maintenir en place à l'aide de solides

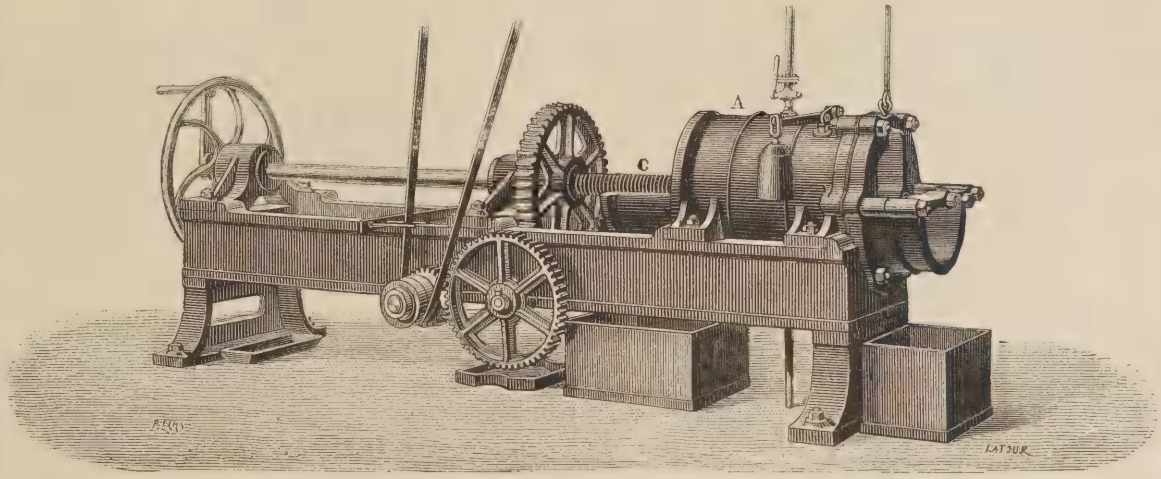
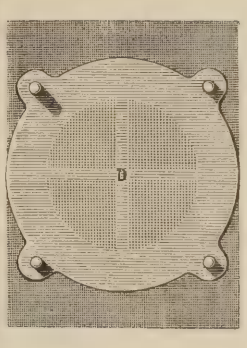


Fig. 67



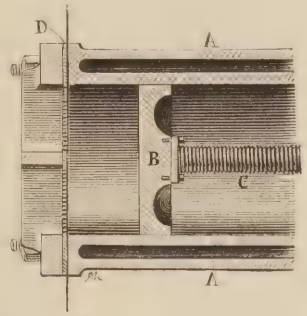
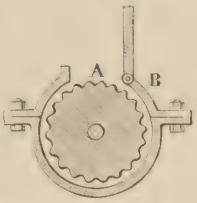


Fig.



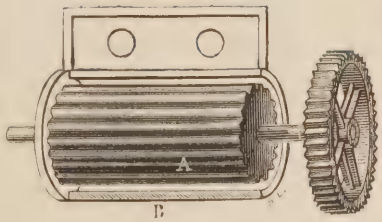


Fig.

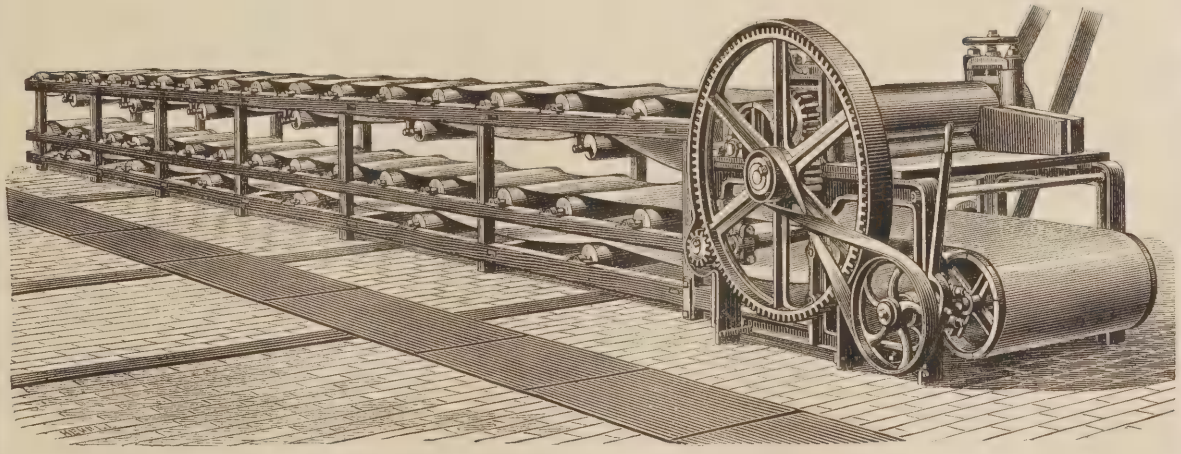


Fig. 68

barres en fer. A l'intérieur de la caisse se trouvent deux cylindres, à axes parallèles, portant des cannelures héliçoïdales, de directions opposées et tournant en sens contraire l'un de l'autre (fig. 61). La gutta, saisie entre les deux cylindres, s'étale dans le vide des cannelures et présente ainsi constamment de nouvelles surfaces au contact de l'air chaud contenu dans la caisse. L'eau condensée se rassemble dans le fond et peut être évacuée par l'ouverture O.

On achève de débarrasser la gutta d'une partie de l'eau qu'elle contient dans ses pores, en la faisant passer dans un *masticateur*. Cette machine (fig. 62) se compose d'un cylindre A portant des cannelures parallèles à son axe, et tournant dans une caisse cylindrique B chauffée à la vapeur ; cette caisse est surmontée d'un couvercle percé de deux trous et mobile autour de charnières. La gutta, comprimée entre le cylindre cannelé et la caisse B, soulève le couvercle, à chaque rotation du cylindre, et présente une nouvelle surface au contact de l'air extérieur, en abandonnant une partie de son eau et absorbant une certaine quantité d'oxygène. Aussi la matière brunit de plus en plus : l'ouvrier l'examine de temps à autre et reconnaît à sa couleur et à sa consistance le moment où il convient de la porter au laminoir. Si on en étire un fragment entre les doigts de manière à lui donner la finesse d'une peau de baudruche, la gutta devient parfaitement translucide et permet à un œil, même non exercé, d'apercevoir les plus petites traces d'impuretés, si elle en contient encore.

Le *laminoir* (fig. 63) dans lequel on étale la gutta purifiée, consiste en deux cylindres à surface bien lisse, tournant en sens inverse l'un de l'autre ; la gutta passe dans l'intervalle libre entre les deux cylindres et est recueillie à sa sortie sur une longue pièce de toile sans fin et de la largeur même des cylindres. L'épaisseur de la couche de gutta est de deux centimètres environ. On la coupe en tranches de 30 à 40 centimètres de largeur, de manière à en former des sortes de galettes que l'on conserve en magasin à l'abri de la lumière et de la poussière jusqu'au moment de leur emploi.

Les procédés d'épuration de la gutta que nous venons de décrire, sont ceux généralement employés en Angleterre : ils sont un peu simplifiés en France, bien que poussés à un haut degré de perfection. A l'usine de Bezons, on porte directement la gutta, à la sortie de la râpe, et après l'avoir réchauffée, dans la presse à filtrer et, de là, dans la machine à laver qui a une disposition spéciale à laquelle on donne le nom de *truman*. Cette machine se compose (fig. 64) de trois rouleaux en fonte A de dix centimètres de diamètre environ, disposés à des intervalles de 120° autour d'un axe central B, auquel ils sont reliés par des traverses en fonte et auquel l'arbre de couche général de l'atelier transmet le mouvement. L'axe B, avec les trois rouleaux, tourne à l'intérieur d'un cylindre creux en fonte C D E F, muni d'un couvercle qui est percé de deux larges trous R, et que l'on peut assujettir solidement sur le cylindre. Le tout est enfermé dans une grande caisse MNOP en tôle que l'on remplit d'eau. La gutta, pressée par les rouleaux contre le cylindre CDEF, présente constamment de nouvelles surfaces au contact de l'eau et abandonne une partie de ses impuretés qui tombent au fond de la caisse MNOP, d'où on les retire lorsque l'opération est terminée. La gutta séjourne en moyenne pendant deux heures dans le truman.

La gutta est travaillée ensuite dans le *masticateur sécheur* qui est tout à fait analogue au sécheur anglais : toutefois, les cannelures sont interrompues sur les cylindres, à des intervalles de dix centimètres environ (fig. 65), de manière à obliger les surfaces de la gutta mises en contact avec l'air, à se renouveler plus fréquemment.

Au sortir du masticateur sécheur, la gutta est introduite directement dans le laminoir décrit plus haut.

Dans l'usine de M. Menier, à Grenelle, les cylindres du laminoir sont très rapprochés de manière à donner des feuilles de gutta très minces que l'on expose à l'air libre pendant sept ou huit jours, pour en achever la dessication. Ces feuilles sont retravaillées ensuite dans un masticateur et étalées dans un second laminoir qui donne les galettes que l'on conserve en magasin. Ce procédé permet d'obtenir une gutta contenant un peu moins d'eau, mais doit, en revanche, faciliter davantage, croyons-nous, l'oxydation de la gomme.

On fait passer la gutta une seconde fois dans la râpe, dans la machine à filtrer et dans le truman,

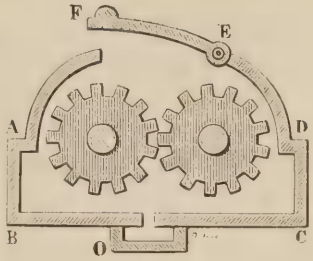


Fig. 60

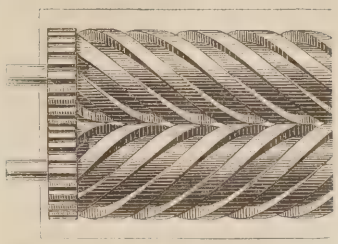
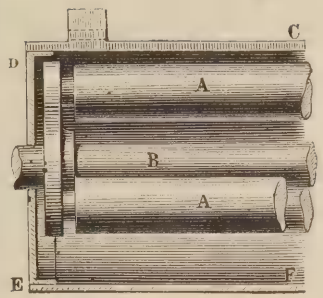
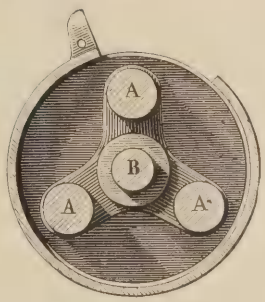


Fig. 61





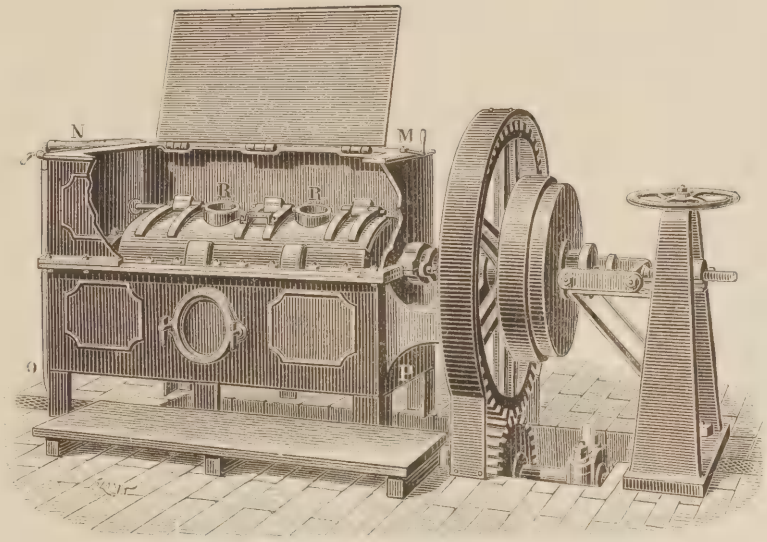
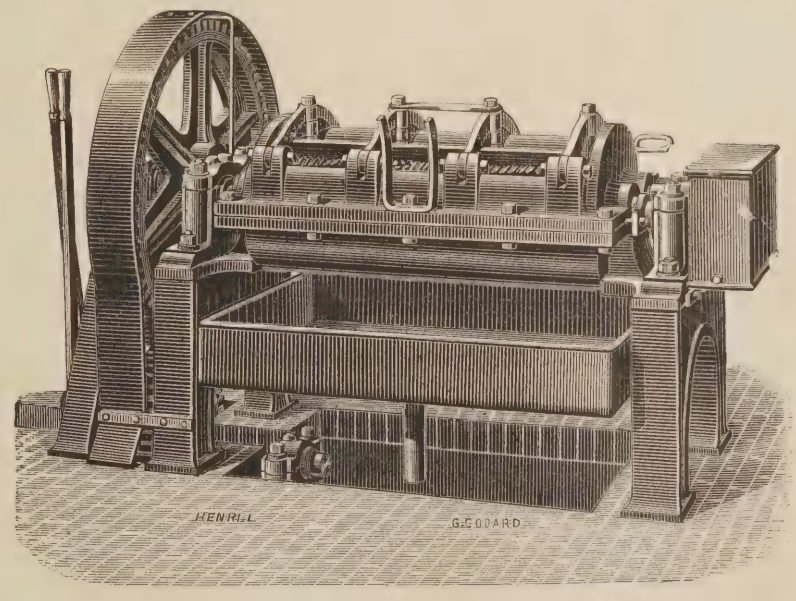


Fig. 64



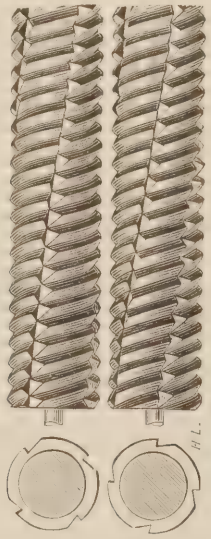


Fig. 65

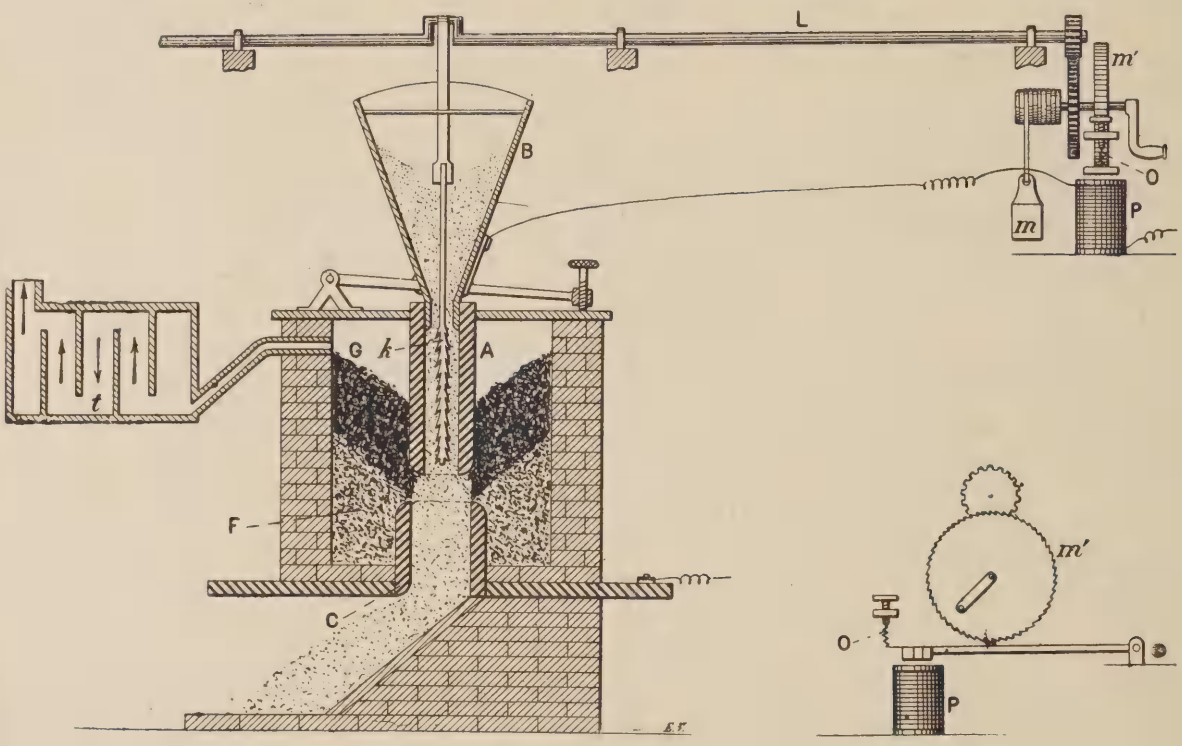
lorsqu'au sortir des machines, la matière ne se présente pas dans des conditions satisfaisantes.

(A suivre) E. Wunschendorff

L'ALUMINIUM
ET SON ÉLECTRO-MÉTALLURGIE [1]

MM. Eugène et Alfred Hutchinson Cowles, qui sont actuellement, comme le savent nos lecteurs [1], à la tête de l'Électro-métallurgie de l'Aluminium, viennent de perfectionner leur fourneau électrique, de manière à rendre son fonctionnement automatique et continu, en régularisant le débit du minerai, proportionnellement à celui de la fusion, au moyen des variations mêmes de la résistance électrique de la charge soumise au traitement dans le fourneau.

A cet effet, comme l'indique la figure 1, la



colonne de minerai qui passe de la trémie B dans le fourneau, au travers des charbons positif et négatif A et C est traversée par une crémaillère en charbon K qui l'agite et en facilite l'écoulement, dès que l'électro-aimant P, dérivé sur le circuit AC, attire son armature, malgré l'antagonisme du ressort O (fig. 2), et permet ainsi, en déclanchant la roue *m'*, au poids *m*, d'entrainer la rotation de l'arbre L.

Dès que, par suite de la plus grande abondance de l'écoulement du minerai, la résistance de l'intervalle qui sépare les électrodes A et C redescend à sa valeur normale, le ressort O rappelle l'armature de l'électro P, et cale de nouveau l'arbre L.

On voit que dans ce nouvel appareil de MM Cowles, l'invariabilité de la résistance du circuit des électrodes est assurée par l'écoulement même de la charge du minerai et non par le mouvement des électrodes dont l'écartement demeure invariable une fois réglé par la vis J.

On obtient ainsi une marche continue très active, permettant d'économiser tout le temps consacré autrefois au remplissage du fourneau après chaque opération.

Le fourneau est garni de deux lits de charbon, l'un F de poussier fin et tassé, l'autre G, de morceaux plus gros, permettant aux gaz qui se déve-

(1) *La Lumière Électrique* 7 mai et 16 juillet 1887.

(1) *La Lumière Électrique* 6 mars 1887, p. 464. 7 mai 1887. p. 237.

loppent dans la zône de fusion, de s'échapper facilement au condenseur *t*. G. RICHARD

LES

ANNALES DU BUREAU CENTRAL

MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE (1)

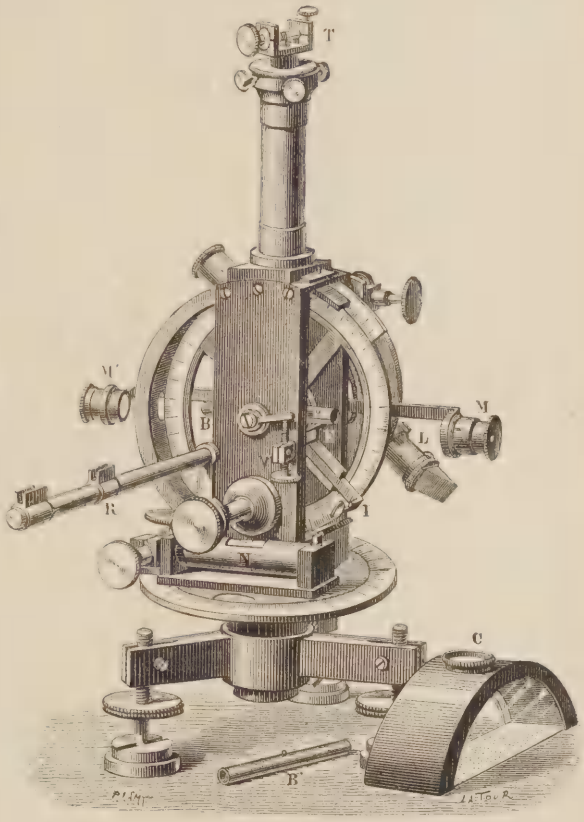
Les quatre derniers volumes des *Annales du Bureau central météorologique* qui ont paru il y a quelque temps déjà chez Gauthier-Villars, donnent le résumé des travaux faits en 1884 au Bureau central et des observations recueillies dans les cinq parties du monde, sous les auspices de ce bureau. Pour la première fois, nous voyons figurer dans le volume I de cette collection intitulé *Étude des orages en France et mémoires divers*, le résultat des observations magnétiques faites régulièrement depuis le 1er janvier 1883, à l'Observatoire du Bureau central météorologique. On sait que, depuis un assez grand nombre d'années, divers observatoires étrangers, entre autres ceux de Kew en Angleterre et de Pawlowsk en Russie, ont observé régulièrement et d'une manière continue les éléments du champ magnétique terrestre, tant au point de vue de leur valeur absolue qu'à celui de leurs variations.

En France il n'existait pas d'établissement similaire, en sorte que ceux qui voulaient étudier les questions, si intéressantes à tant d'égards, qui se rattachent aux phénomènes du magnétisme terrestre et à leur corrélation avec divers phénomènes cosmiques devaient forcément avoir recours aux observations étrangères. Le premier volume des *Annales* pour 1884 comble cette lacune en publiant, non seulement les résultats obtenus, mais aussi en donnant des détails étendus sur les méthodes d'observation et sur les appareils employés; il renferme en outre le résultat d'un grand nombre de mesures des éléments du magnétisme terrestre faites en divers points de la France et qui ont servi à en construire la carte magnétique.

Tous ces documents sont trop importants pour qu'on puisse se contenter simplement de les signaler ; ils méritent qu'on s'y arrête un instant et c'est ce que nous ferons en donnant un court résumé des méthodes employées et des résultats obtenus ainsi qu'une description concise des appareils.

Le Bureau central météorologique a été institué sur les bases actuelles par décret présidentiel du 14 mai 1878, et son fonctionnement a commencé le 1er juillet de la même année sous la direction de M. Mascart.

A part les questions de centralisation des observations météorologiques faites en France et chez les correspondants étrangers du Bureau central, et la publication du *Bulletin international quotidien*, le Bureau central météorologique a installé dans le Parc de Saint-Maur, un observatoire mé-



téorologique complété en 1882 par l'installation des instruments destinés à la mesure et à l'enregistrement des éléments magnétiques terrestres.

Le parc Saint-Maur est situé dans la grande boucle de la Marne, à 11,7 kilom. E. S. E. de l'observatoire de Paris : les coordonnées géographiques du pavillon magnétique sont :

Longitude.....	0°	9′	23″	E
Latitude.....	48°	48′	34″	N

(1) Publiées par M. E. Mascart, directeur. Année 1884, — Gauthier-Villars.

L'installation des appareils a été faite dans le cours de 1882 et les observations régulières ont commencé le 1er janvier 1883 sous la direction de M. Th. Moureaux, météorologiste-titulaire du Bureau central, chargé du service magnétique.

Il faut distinguer entre les mesures absolues des éléments magnétiques et celles qui sont faites avec les appareils à variations, enregistreurs ou à lecture directe. Autant que possible, on mesure, au parc Saint-Maur, une fois par semaine, les valeurs absolues de la déclinaison, de l'inclinaison et de la composante horizontale.

La mesure absolue de la déclinaison et de la composante horizontale s'effectue à l'aide d'un théodolite-boussole construit par MM. Brunner frères (fig. 1), dont les cercles ont 8 c.m. de diamètre et sont gradués en demi-degrès, le vernier permettant d'apprécier la demi-minute. Le cercle horizontal est muni d'un équipage mobile autour d'un axe vertical qui supporte tous les autres organes. Un cage métallique, vitrée sur ses faces, renferme le cercle vertical et l'étrier dans lequel on place le barreau aimanté B; elle s'ouvre en enlevant la partie C placée sur le dessin à côté de l'appareil. Le cercle vertical entraîne une lunette L et une pièce intérieure parallèle à la lunette et portant à l'une de ses extrémités un index en argent I, sur lequel sont gravés trois traits verticaux équidistants; sa face intérieure porte un seul trait. La lunette L sert aux observations astronomiques nécessaires pour la détermination du méridien astronomique.

Le barreau B, de forme cylindrique, est supporté par un fil attaché au treuil T; les extrémités du barreau sont concaves et polies.

Pour faire un pointé, on amène l'équipage dans une position telle qu'à l'aide du microscope M, on voie l'image du trait intérieur, réfléchie sur la surface terminale du barreau, venir se placer sur le prolongement du trait central de l'index. Un plan E commandé par la vis V, sert à amortir les oscillations du barreau et un niveau N à régler l'appareil.

On mesure la composante horizontale à l'aide d'un second barreau aimanté qu'on place sur la règle R à deux distances différentes du centre de l'appareil.

La boussole d'inclinaison a été aussi construite par MM. Brunner frères; les cercles divisés ont aussi 8 c.m. de diamètre et les lectures se font comme plus haut à la loupe et au vernier. L'aiguille, en forme de losange allongé, a 65 m.m. de longueur et peut être soulevée à volonté au dessus de son axe à l'aide d'un levier et de deux étriers taillés en forme de V.

Depuis la création du service magnétique à l'observatoire du parc Saint-Maur jusqu'au mois de mai 1884, on a fait usage, au lieu du petit théodolite-boussole décrit ci-dessus, d'un théodolite Brunner de plus grandes dimensions qui appartient maintenant à la Faculté des Sciences de Rennes.

Les mesures absolues sont effectuées sur un pilier en maçonnerie, à l'abri de toute influence locale. La mesure de la déclinaison comporte la détermination exacte du méridien astronomique, on fixe celui-ci à l'aide d'une mire placée à une certaine distance du pilier et dont on détermine, une fois pour toutes, l'azimut.

La mesure des variations des éléments magnétiques s'exécute à l'aide de deux séries d'appareils installés dans un pavillon spécial dans la construction duquel aucune pièce de fer n'est entrée. L'une de ces séries ne comprend que des appareils à lecture directe qu'on observe régulièrement toutes les trois heures et qui servent à contrôler les résultats des appareils enregistreurs.

Le pavillon magnétique a été construit en 1882; sa base est un rectangle de 5 m. sur 7 m. Il se compose uniquement d'un rez-de-chaussée qui sert de bureau et de caves voutées où sont installés les appareils de variations de M. Mascart ainsi qu'un petit laboratoire pour le développement des épreuves photographiques. La figure 2 donne le plan des caves et des appareils, dont la position est indiquée sur la figure par les notations suivantes:

Cave de l'Ouest

D, Déclinomètre à lecture directe,
B, Bifilaire à lecture directe,
V, Balance magnétique à lecture directe,
E, E′, E″, Echelles divisées,
L, L′, L″, Lunettes,
T, Table portant le registre-minute des observations.

Cave de l'Est

D′, Déclinomètre enregistreur,
B′, Bifilaire enregistreur,
V′ Balance enregistreur,

H, Horloge en cuivre; enregistreur proprement dit,
T′, Table servant aux manipulations.

Les appareils à lecture directe sont installés à demeure sur des piliers en maçonnerie. Le *déclinomètre* est destiné à donner les variations de la déclinaison.

Il se compose (fig. 3) d'une cage métallique cylindrique de 10 centimètres de hauteur sur 8 centimètres de diamètre extérieur, portée sur un trépied à vis calantes et entraînant dans son mouvement de rotation autour de l'axe vertical, un cercle gradué C placé à sa base; sa face antérieure est percée d'une ouverture circulaire fermée par une lentille convergente O de 1 mètre environ

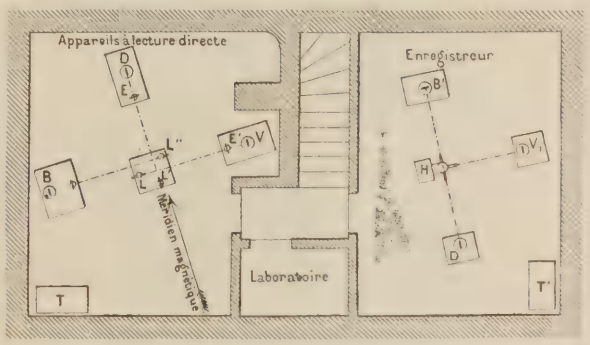


Fig. 2

de distance focale. Une colonne métallique V, de 17 centimètres de hauteur, fixée par sa base à un second cercle gradué C′, se termine à sa partie supérieure par un treuil T, auquel est attaché le fil de suspension du barreau A. Ce barreau, de section carrée, a une longueur de 5 centimètres; l'étrier qui le supporte est muni d'un miroir plan vertical M perpendiculaire à l'axe du barreau dont il suit tous les mouvements. Un second miroir M′ est encastré dans une monture fixe qui fait corps avec la cage de l'appareil.

Les divisions d'une échelle graduée E, placée en avant de la lentille, sont réfléchies par les deux miroirs M et M′ et on observe ces images à l'aide d'une lunette L; on a ainsi dans le champ de la lunette deux images de l'échelle; l'une d'elles produite par le miroir M′ sert de repère fixe, l'autre provenant du miroir M suit tous les mouvements du barreau et donne les variations de la déclinaison, exprimées en divisions de l'échelle.

Les variations de la composante horizontale sont observées au *bifilaire* qui ne diffère du déclinomètre que par la suspension du barreau, supporté par un double fil au lieu de l'être par un fil unique.

La *Balance magnétique* (fig. 4) qui donne les

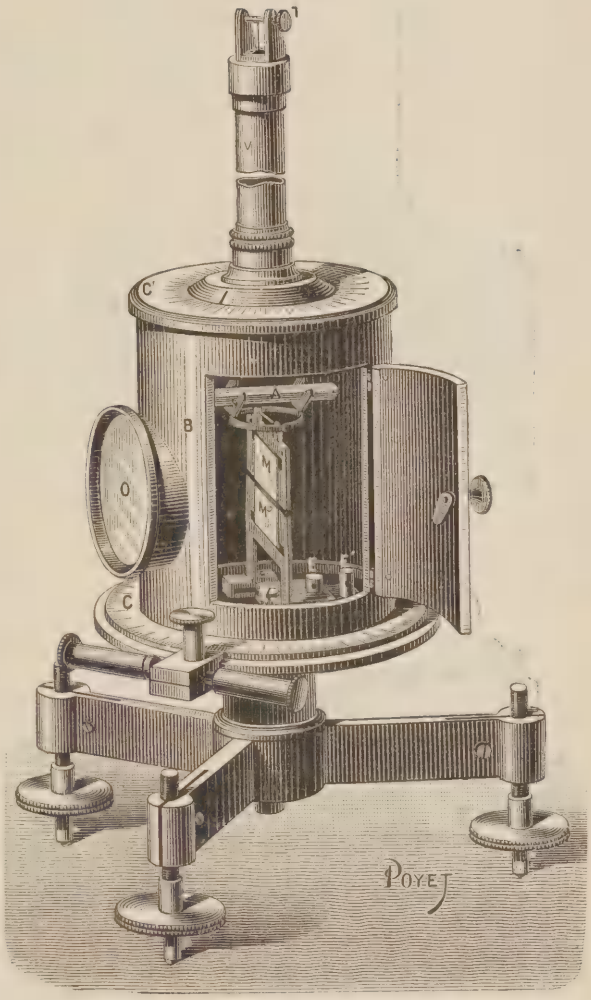


Fig. 3

variations de la composante verticale se compose d'un aimant A, muni d'un couteau C qui repose sur un plan d'agathe. L'aiguille, librement suspendue par son centre de gravité dans le méridien magnétique, prendrait d'elle-même la direction de l'inclinaison; mais au moyen d'un poids T mobile sur une tige filetée, on oblige l'aimant à se maintenir horizontal. Un second écrou T′, mobile sur une tige verticale permet d'abaisser ou d'élever le centre de gravité de l'appareil et d'en modifier

ainsi la sensibilité. On peut immobiliser l'aiguille en soulevant un plan d'arrêt glissant sous l'action de la vis V.

Comme dans les appareils précédents, la balance est munie de deux miroirs M et M′ qui sont ici horizontaux et dont l'un est fixe, l'autre

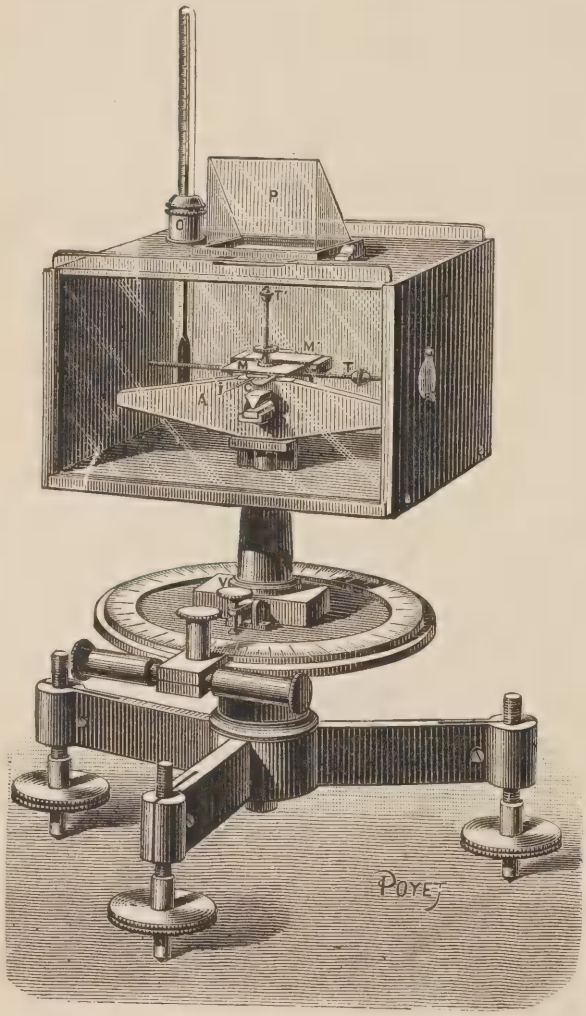


Fig. 4

étant attaché au barreau aimanté M et en partageant les mouvements.

Un prisme rectangle isocèle P, dont l'une des faces est légèrement convexe, de façon à fonctionner comme lentille renvoie en avant les images formées sur les miroirs M et M′.

L'enregistrement des variations des éléments magnétiques est basé sur l'emploi du papier au gélatino-bromure d'argent et doit nécessairement se faire à l'abri de la lumière. Les appareils qui viennent d'être décrits se prêtent, sans modification, à l'enregistrement photographique; les piliers sur lesquels ils sont placés, dans la cave obscure, sont disposés de façon que le milieu de la tablette qui les surmonte soit à une distance de la pendule, égale à la distance focale des lentille des appareils.

L'enregistreur est représenté en détail par la figure 5 ; la caisse est divisée en deux parties par une cloison : l'une d'elles renferme le mouvement d'horlogerie H, l'autre forme chambre noire et

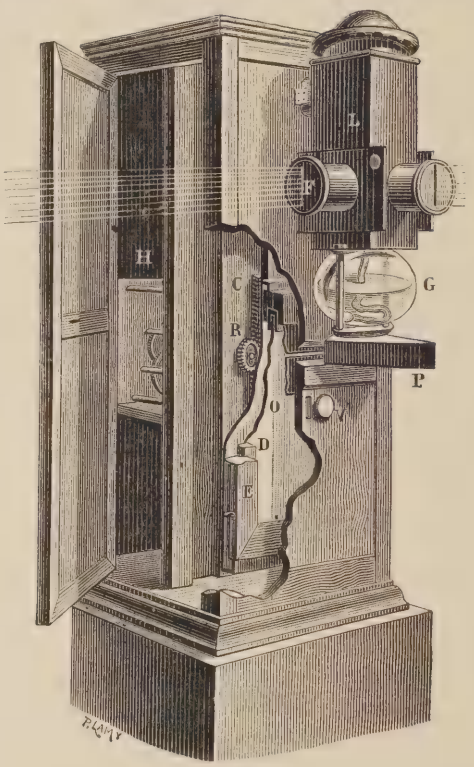


Fig. 5

renferme le châssis photographique qui descend en 24 heures avec une vitesse de 10 c.m. à l'heure sous l'influence du mouvement d'horlogerie. Ce châssis porte une feuille de papier au gélatino-bromure d'argent, serrée entre deux lames de verre, dont l'une, transparente, est placée à l'avant et l'autre, noircie, est située à l'arrière.

La source lumineuse est formée par une lampe à gazogène renfermée dans une lanterne possédant sur trois de ses faces une lentille munie d'une monture métallique portant une fente ; l'une des fentes envoie un rayon au déclinomètre, l'autre au bifilaire, la troisième à la balance.

L'ensemble du système est disposé pour que

les images lumineuses des fentes, après réflexion sur les miroirs, soient renvoyées dans la chambre noire.

L'action de la lumière sur le papier au gélatino-bromure n'apparaît qu'au développement de l'épreuve. L'image est révélée par le procédé à l'oxalate de fer et fixée ensuite à l'hyposulfite de soude.

Si l'on examine alors la feuille, on voit qu'elle porte six traces : trois droites, qui sont les lignes de repère de chaque élément et trois courbes qui en donnent les variations.

L'espace dont nous disposons étant forcément restreint, nous renvoyons nos lecteurs que les détails de la graduation des appareils pourraient intéresser, au mémoire original de M. Moureaux.

Le mémoire de M. Moureaux donne en appendice la reproduction, en grandeur naturelle, des courbes photographiques relatives à quarante-six des principales perturbations enregistrées pendant

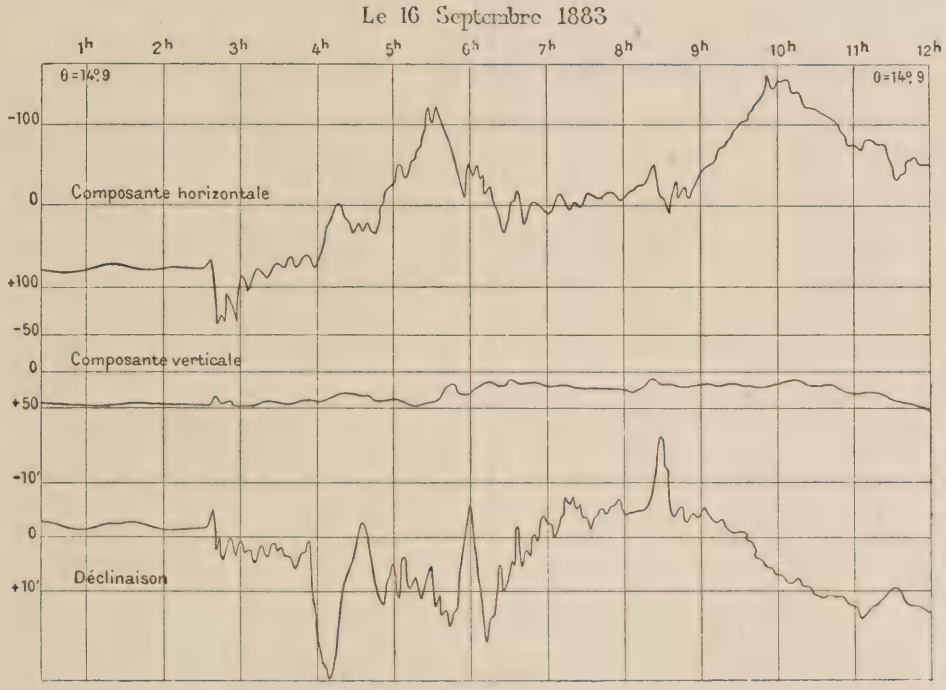


Fig. 6

les années 1883 et 1884, la figure 6 est la reproduction, en grandeur naturelle, des courbes enregistrées le 16 septembre 1883 ; elle porte vers la gauche la distance millimétrique qui correspond à 10° pour la déclinaison, à 0,00100 unités C G S pour la composante horizontale et 0,00050 unités C G S pour la composante verticale.

M. Moureaux en étudiant les résultats des deux années d'observation, 1883 et 1884, est arrivé aux conclusions suivantes relativement aux perturbations.

Les perturbations de la déclinaison vers l'est, c'est-à-dire celles qui ont pour effet de diminuer la déclinaison, sont beaucoup plus nombreuses que les perturbations vers l'ouest ; elles présentent un maximum aux équinoxes, un minimum aux solstices et sont en général plus fréquentes la nuit que le jour.

Les perturbations de la composante horizontale, celles qui tendent à diminuer celles-ci, sont plus nombreuses aussi que celles qui tendent à l'augmenter ; leur nombre est aussi plus considérable aux équinoxes qu'aux solstices ; il passe par un maximum horaire vers 10 heures du matin et par un minimum dans la nuit.

Les perturbations de la composante verticale sont, pendant les divers mois de l'année, à peu près en nombre égal, au-dessus et au-dessous de la moyenne horaire ; elles présentent un maximum vers 12 heures, et un minimum entre 0 et 4 heures ; elles sont d'ailleurs plus nombreuses le jour que la nuit et l'hiver que l'été.

On trouve, résumées dans un tableau final, les valeurs de la déclinaison, de la composante horizontale et de la composante verticale à 0, 6, 12 et 24 heures de temps civil compté à partir de minuit ; ces valeurs sont calculées dans les registres originaux pour toutes les heures à l'aide des courbes photographiques et lorsque, par suite d'une interruption de l'enregistreur, celles-ci ont fait défaut, on y a supplé par les observations directes qui se font huit fois par jour, toutes les trois heures.

A l'aide de ces observations, M. Moureaux a calculé la variation moyenne diurne des différents éléments magnétiques et l'a résumée dans une série de diagrammes que l'on trouve dans la figure 7. Dans cette figure les courbes pointillées sont relatives à l'année 1883, les courbes pleines à 1884.

Voici, en outre, les valeurs moyennes absolues de ces éléments pour 1883 et 1884 :

	1883	1884
Déclinaison	16°20′,4	16°13′,2
Composante horizontale	0,19418	0,19416
Composante verticale...	0,42256	0,42228
Inclinaison.....	65°19′,2	65°18′,4
Force totale.....	0,46504	0,46478

Comme nous l'avons déjà mentionné en commençant, le volume I des *Annales du Bureau central météorologique* pour 1884, renferme encore le détail des mesures des éléments magnétiques, faites par M. Moureaux, en 1884 et 1885, dans 80 localités de la France.

On sait que les premières observations magnétiques faites en France, d'après un plan d'ensemble, ont été entreprises par Lamont qui, en 1856 et 1857, détermina la valeur absolue des différents éléments, en quarante-quatre stations et construisit les cartes magnétiques correspondantes. MM. Marié-Davy et Descroix ont aussi, fait des mesures en 1875, dans vingt stations et M. de Bernadières, en 1878 et 1879, a fait des déterminaisons absolues de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité en divers points des côtes de la Méditerranée et de l'Océan.

M. Moureaux a repris ces observations d'une manière systématique et les déterminations ont été faites à l'aide des deux boussoles de déclinaison et d'inclinaison dont nous avons donné la description en commençant.

Ces mesures ont permis de construire de nouvelles cartes magnétiques de la France, savoir :

La carte des lignes d'égale déclinaison, celle des lignes d'égale composante horizontale, celle des lignes d'égale inclinaison et celle des méridiens magnétiques. M. Moureaux, en utilisant les mesures faites dans les pays limitrophes, a pu étendre ses cartes au-delà des frontières de la France.

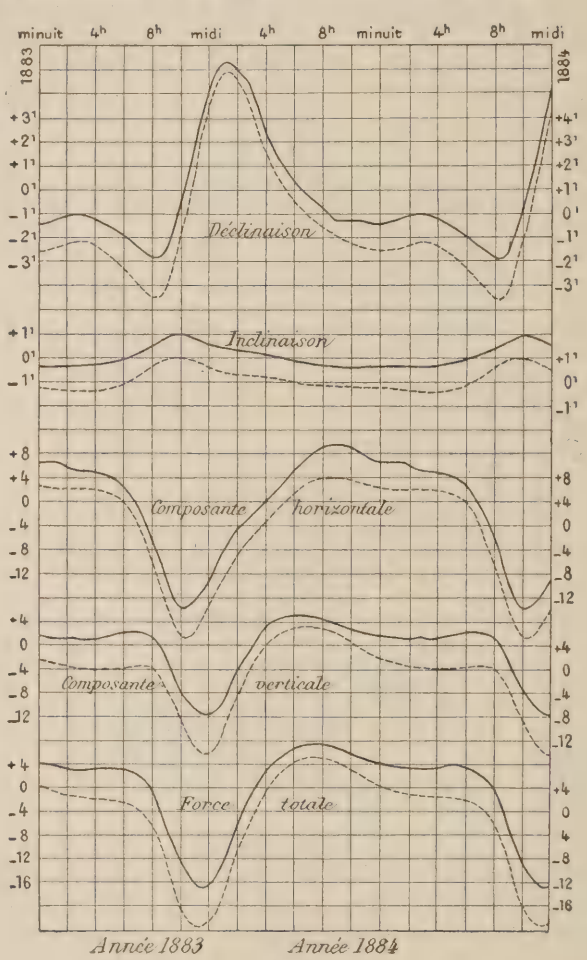


Fig. 7

Bien que le nombre des points d'observation soit considérable, les lignes des cartes mentionnées ci-dessus ne peuvent être considérées que comme une première approximation ; car les nombres fournis par l'observation directe sont souvent modifiés par l'action locale, due au voisinage de roches magnétiques, qui peut être assez considérable ; pour ce motif, M. Moureaux n'a pas cru pouvoir utiliser les observations faites au Puy-de-Dôme et dans d'autres stations de la région volcanique du centre de la France.

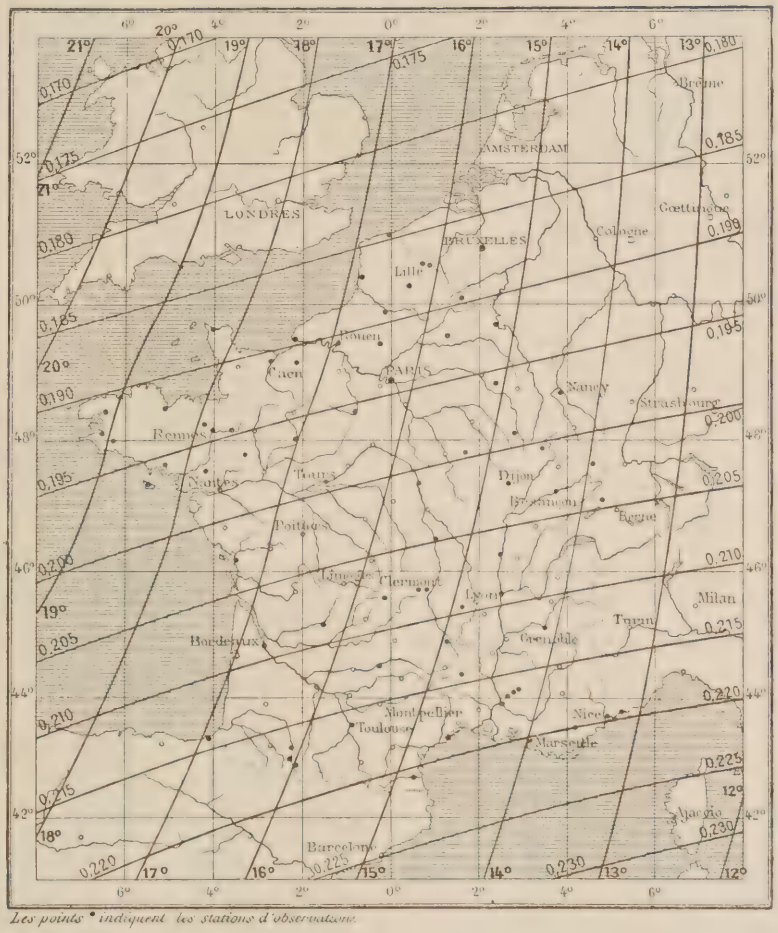
Nous donnons dans la figure 8 la reproduction des courbes d'égale déclinaison et d'égale intensité horizontale au 1er janvier 1885.

A part les deux mémoires de M. Moureaux, le volume que nous considérons contient une étude de M. Fron, météorologiste titulaire et chargé du service des avertissements, sur les orages en France, en 1883 et, en outre, un travail de M. Angot, sur les phénomènes de la végétation en 1882 et 1883.

Ces deux mémoires sont accompagnés de nombreuses cartes synoptiques du plus haut intérêt. Les cartes de M. Fron, en particulier, représentent les trajectoires de tous les orages qui ont éclaté en France en 1883, avec des indications graphiques conventionnelles, donnant les principaux caractères de la perturbation.

Ces cartes qui se publient régulièrement chaque année permettront sans doute de tirer plus tard des conclusions fort intéressantes sinon très importantes sur les conditions particulières qui déterminent la production et la propagation des orages.

Le mémoire de M. Angot sur les phénomènes de la végétation est intéressant surtout pour ceux qui font de la météorologie l'objet spécial de leurs études; mais il ne saurait offrir pour les lecteurs de *La Lumière Électrique* le même intérêt que les deux mémoires précédents.



Les points • indiquent les stations d'observation.

Fig. 8

On peut juger ainsi, par l'analyse que nous avons donnée, de l'importance des travaux du Bureau central météorologique au point de vue de la connaissance plus exacte et plus complète des phénomènes telluriques et même des phénomènes cosmiques.

L'installation du parc Saint-Maur a déjà rendu, à plusieurs reprises, des services très utiles utilisables immédiatement; personne, en effet, n'a oublié que les magnétographes enregistreurs ont donné tout récemment des indications très précieuses sur certains phénomènes électriques qui ont accompagné les derniers tremblements de terre. Chacun connaît, la dépendance intime qui existe entre les perturbations du magnétisme terrestre, les courants terrestres, les aurores polaires et les taches solaires. Ce n'est que par une étude patiente et suivie de tous ces divers éléments que l'on parviendra à la connaissance des lois qu régissent ces phénomènes si complexes.

Tous les résultats fournis par l'Observatoire ne sont pas susceptible d'une application aussi directe. Ils n'en sont pas moins précieux en ce sens qu'on disposera, à un moment donné, d'une longue série d'observations et qu'on pourra en tirer des conclusions dont l'importance sera d'autant plus grande que le nombre des observations sera plus considérable.

Prochainement sans doute, paraîtront les quatre volumes des *Annales du Bureau* pour 1885 ; nous ne manquerons pas de signaler cette publication et de tenir nos lecteurs au courant des résultats acquis et des modifications survenues dans les observations.

A. Palaz

LE

ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ

DANS LA CRISTALLISATION (1)

Aux expériences précédentes nous allons ajouter les suivantes :

1° Examinons d'abord avec attention le phénomène dans ses phases successives.

Dès qu'on a posé sur la mince couche liquide argentique une petite rondelle de zinc (de 0,01 m. de diamètre) bien découpée, on voit aussitôt le liquide se retirer, comme s'il était vivement repoussé, et former autour du métal, en moins d'une minute, une zone concentrique presque desséchée, qui s'étend jusqu'à 0,025 m. au delà du disque, c'est-à-dire sur un diamètre de 50 millimètres.

Je me suis assuré que cet effet n'est pas dû à la capillarité, car une rondelle de zinc pareille à la précédente, posée sur une couche d'eau pure de même épaisseur que celle de la dissolution argentique, ne produit autour d'elle que le ménisque ordinaire ascendant, fixe, ne s'étendant pas au-delà de 2 à 3 millimètres.

Cet effet répulsif de zone desséchée est dû sans aucun doute à l'électricité issue du petit couple voltaïque qui se forme immédiatement dans cette circonstance.

Au bout de quelques minutes, la répulsion devient moins vive (l'électricité issue du couple voltaïque étant alors employée activement à la décomposition chimique), le liquide se rapproche peu à peu du disque, le cercle de desséchement se retrécit et finit par disparaître, si toutefois la couche liquide déposée n'est pas trop mince. C'est alors que se montre la seconde zone d'argent concentrique au zinc; la première, dès l'origine était brune, formée d'un dépôt d'apparence amorphe d'oxyde incomplètement réduit ; cette seconde zone est blanche, large, faite d'argent spongieux, semi-cristallin.

Ce n'est que beaucoup plus tard, que les arborisations proprement dites apparaissent autour de ces premiers dépôts, ou plutôt commencent à s'en détacher, car elles existaient en réalité à l'état compact. Enfin, s'opèrent les cristallisations du sel non décomposé, et du sel résultant de la décomposition, lesquelles se mêlent aux arborisations métalliques.

Telles sont les phases du phénomène des végétations métalliques sur lames de verre.

2° Si la dissolution d'azotate d'argent est très

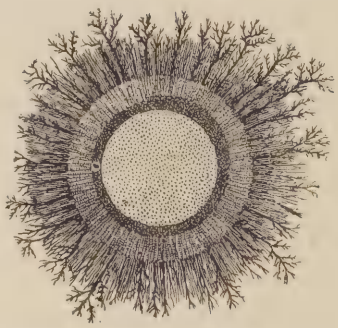


Fig. 8. — Végétation d'argent en anneau massif semi-cristallin

concentrée (30 gr. de sel pour 150 gr. d'eau) il y a production, autour de la rondelle de zinc, d'un anneau continu, solide, véritable bague massive d'argent mat de 2 m.m. d'épaisseur et autant de hauteur (le diamètre avait 0,02 m. dans une de mes expériences) (fig. 8). Ce dépôt semi-cristallin, où on voit des cristaux scintillant ça et là, au milieu d'une masse amorphe, est de nature analogue à celle qu'on observe sur les dépôts de cuivre ou d'argent en galvanoplastie, lorsque le courant est devenu trop faible. Le dépôt est alors, en effet, formé d'espèces de rognons en bourrelets demi-cristallins, cassants.

Autour de la bague dont nous venons de parler se produit une large zone blanche d'argent à l'état spongieux. C'est seulement au-delà de cette seconde zone que les arborisations commencent à se produire.

Une difficulté se présente dans ces expériences; on est placé entre deux écueils : pour que les ar-

(1) Voir *La Lumière Électrique*, du 6 août 1887.

borisations s'étendent et se fassent rapidement, il faut une couche mince de liquide ; mais, si elle est trop mince, elle s'évapore promptement, la plaque se dessèche, les arborisations s'arrêtent : Si on laisse la couche épaisse, les arborisations sont empâtées à la fin par les cristaux du sel.

Fig. 9. — Végétation d'argent autour d'une rondelle de zinc

On remédie, en partie, à cet inconvénient, en faisant écouler le liquide (au moyen d'une bandelette de papier spongieux) après les végétations métalliques et avant que la cristallisation du sel ne les atteigne.

On peut encore éviter d'une autre manière

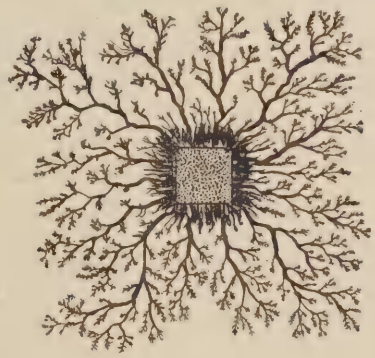


Fig. 10. — Végétation d'argent autour d'un carré de zinc

l'empâtement des arborisations par les cristaux du sel. On fait dissoudre ceux-ci en mettant la plaque dans l'eau (ou l'alcool), qu'on chauffe doucement. On incline un peu la plaque ; on la retire du liquide dans cette position et on laisse évaporer l'eau.

3° La figure 9 représente la disposition assez symétrique des arborisations d'argent autour d'une *rondelle* de zinc soigneusement découpée.

Si le zinc a la forme d'un *carré*, les arborisations y sont distribuées à peu près également sur tout le pourtour ; cependant celles qui se forment au sommet des angles sont généralement déve-

Fig. 11. — Arborisation de plomb autour d'une lame de zinc

loppées et commencent plus tôt que celles qui naissent sur les côtés du carré (fig. 10). On a vu que les dendrites obtenues par électrolyse se montrent aux angles des électrodes carrées.

4° Les figures 11 et 11 bis montrent la disposition des arborisations de plomb et de cuivre le

Fig. 11 bis. — Arborisation de cuivre sur les bords d'un fil de zinc

long des bords d'une *lamelle* et d'un fil de *zinc*.

Dans tous les cas, la base de chaque arborisation reste fixe, sans formations et divisions nouvelles, tandis que les bouts de branches s'allongent sans cesse, se subdivisent, s'épanouissent, jusqu'à ce que la force électrique soit épuisée, ou trop faible pour agir à des distances plus grandes, ou que le liquide cristallise.

5° La direction des arborisations paraît capri-

cieuse ; mais en réalité, la décomposition, la mise à nu du métal, la cristallisation, se font d'après le principe de la moindre résistance ; et l'on sait que l'homogénéité, même d'une dissolution sur une plaque horizontale, n'est jamais parfaite.

Fig. 12. — Arborisation d'argent par électrolyse

C'est dans les endroits où la couche liquide a le moins d'épaisseur que la végétation métallique prend le développement le plus rapide et le plus étendu.

On conçoit, que quand il s'agit d'une dissolution saline abandonnée à elle-même, sur une lame de verre, en l'absence de tout métal précipitant, sa cristallisation commence par les bords de la plaque, là où le liquide a le moins d'épaisseur, c'est-à-dire où l'évaporation est le plus rapide.

Mais, pour une dissolution en présence du métal précipitant, il semblerait, au contraire, que

Fig. 12 bis. — Arborisation spontanée d'argent

la présence d'une plus grande quantité de liquide dût favoriser le phénomène.

La cause de cette disposition peut tenir sans doute au degré de concentration de la dissolution, par suite d'une évaporation plus rapide; toutefois, il ne serait pas impossible que la *tension superficielle* jouât ici un rôle prépondérant, car tout le phénomène s'opère à la surface du liquide. Ce qui prouve l'efficacité de la minceur de la couche liquide dans la production des arborisations, c'est que, si la plaque n'est pas bien horizontale, elles se dirigent de préférence vers les parties les plus

Fig. 13. — Répulsions des arborisations issues de deux rondelles voisines

élevées, où la couche est, par conséquent, la plus mince.

L'analogie entre les végétations métalliques spontanées et les dépôts obtenus par voie électrolytique est évidente. Avec les mêmes dispositions expérimentales (sauf l'emploi direct d'un courant électrique), avec les mêmes dissolutions, on obtient, dans les deux cas, même nature et mêmes

Fig. 13 bis. — Répulsions des arborisations issues de trois rondelles voisines

formes de dépôts : métal pur, brillant ou mat, cristallin ou amorphe, selon les circonstances. (figures comparatives 12 et 12 bis).

En résumé, pour obtenir de belles végétations métalliques, il faut :

a) Faire usage de dissolutions assez étendues ;

b) Répandre uniformément le liquide en couche très mince sur la plaque de verre tenue horizontale.

6° Après mes nombreuses expériences sur les fantômes magnétiques et sur les anneaux électrochimiques, j'étais naturellement porté à rechercher dans le phénomène des végétations métalliques, comme dans celui des arborescences produites par électrolyse, un rapport entre ces différents effets.

Il s'agissait d'abord de savoir s'il y a *répulsion* entre les arborisations issues d'un centre et celles d'un centre voisin.

La vérification de cette idée préconçue est facile à réaliser.

On prend deux petites rondelles de zinc, égales, bien décapées ; on les dispose à 2 ou 3 centimètres l'une de l'autre, sur la plaque de verre recouverte d'une couche mince et uniforme d'azotate d'argent. Il se fait bientôt un vide d'arborescence entre les deux rondelles, si la distance est faible, (fig. 13). Ces arborescences issues de deux centres semblent donc se repousser comme les lignes de force de deux fantômes magnétiques de même nom. D'ailleurs les branches voisines, partant du même centre, ne se mêlent pas et se repoussent par conséquent, comme les lignes de forces d'un même fantôme magnétique.

Ces effets sont beaucoup plus marqués, lorsqu'on emploie, comme nous le verrons plus loin, des dissolutions mêlées de gomme.

Avec trois ou quatre rondelles de zinc, on obtient des effets de répulsion analogues (fig. 13 bis).

Dans un cas particulier, il s'est produit non des arborescences, mais un dépôt noirâtre, amorphe, flottant, qui s'est disposé en trois branches, symétriquement placées entre les rondelles, comme les lignes de force de trois pôles magnétiques de même nom, ou mieux, comme les anneaux colorés produits par la présence de trois pointes amenant le courant électrique d'un même pôle.

Ainsi, les arborisations obtenues, soit par voie électrolytique, soit directement sans recourir à l'électricité, sont ordinairement disposées suivant les directions des lignes de flux électrique, comme aussi suivant celles que montrent les décharges électrostatiques sur des substances isolantes.

Dans le premier cas, les effets sont mieux marqués que dans le second ; mais, en définitive, ces arborisations ont la même origine ; la cause est seulement moins énergique et moins capable, par conséquent, de mettre ces effets en évidence.

Végétations métalliques instantanées

Au lieu de déposer sur la couche de dissolution saline de petites plaques de zinc, circulaires ou polygonales, si l'on sème de la limaille de même métal sur une lame de verre recouverte d'une très mince couche de la dissolution moyennement étendue, des arborisations très belles se produiront alors, mais avec une telle rapidité que, quand on met la lame de verre sous le microscope, elles ont déjà pris presque tout leur développement.

Pour assister à leur formation, il faut, après la *mise au point* préalable, jeter la limaille sur le verre pendant qu'on tient l'œil au microscope. On voit alors la manifestation extrêmement rapide des arborisations.

Quand la dissolution est concentrée, leur formation ne dure que deux ou trois secondes : encore la plus grande partie des branches ont-elles été produites au moment même de la chute de la limaille sur la dissolution.

Si les arborisations sont ici, pour ainsi dire, instantanées, elles ne s'étendent pas loin ; la petite quantité de métal précipitant est bientôt épuisée et les petits couples voltaïques cessent d'exister.

Chaque système d'arborisation autour d'un même centre de fine limaille ne s'étend guère au-delà d'un ou deux millimètres. Un microscope grossissant 30 à 40 fois (en diamètre) est suffisant pour ces observations et montre tous les détails de ces arborescences (fig. 14, 14 *bis* et 14 *ter*).

On se demandera sans doute pourquoi, avec le métal précipitant réduit en limaille, les arborisations se produisent instantanément, tandis qu'avec le même métal en plaque, dans les mêmes conditions expérimentales, elles n'*apparaissent* qu'au bout d'un temps relativement considérable, une ou plusieurs heures, et mettent quelquefois une journée entière pour achever leur développement.

On s'explique cette différence en ce que, dans le dernier cas, la surface métallique étant bien plus considérable, et la force électromotrice mise en jeu beaucoup plus grande que dans le premier

cas, il se forme tout d'abord, autour du métal précipitant, des dépôts de métal précipité, en masse spongieuse, en faisceaux tellement serrés, en zones continues qui ont souvent plus d'un centimètre de largeur, qu'à l'œil nu, on n'y distingue pas de cristaux.

Ce n'est que quand la force électromotrice est déjà affaiblie que naissent et se séparent les arborisations proprement dites, formes terminales du phénomène.

On sait qu'en galvanoplastie, lorsque le courant électrique employé est trop fort, le dépôt est pulvérulent, sans adhérence, formée parfois de métal incomplètement réduit. Il se produit un phénomène analogue dans nos végétations métalliques.

Il faut dire toutefois que cette différence entre les effets instantanés et les effets regardés comme lents qu'on observe à l'œil nu dans ce dernier cas, n'est pas réelle et qu'on peut s'assurer à l'aide du microscope, que les arborisations naissent instantanément dans la zone de premier contact du liquide et du métal précipitant.

La masse inépuisable de ce métal et l'énergie électrique initiale masquent tout le phénomène à l'origine.

Les arborisations compactes qui se développent alors avec une grande vitesse autour du métal précipitant, témoignent d'une décomposition très active du liquide ambiant ; aussi, lors de la cristallisation de la dissolution restante, dernière phase du phénomène, les cristaux salins ne se montrent pas ou n'apparaissent qu'en petit nombre parmi ces premières zones d'arborisation ; ce

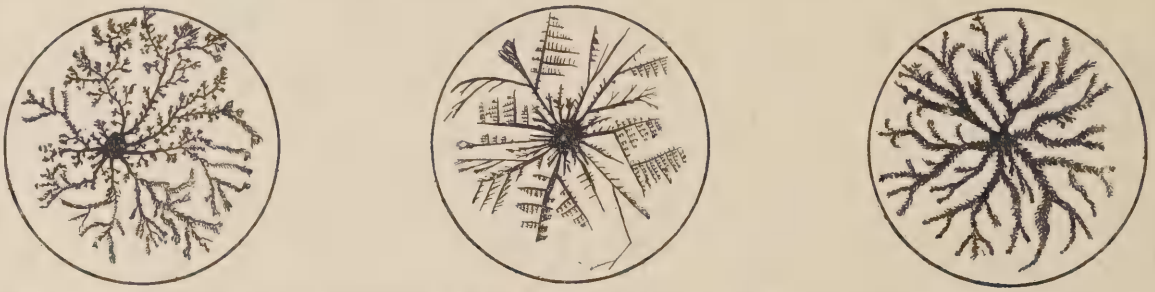


Fig. 14. — Arborisations instantanées microscopiques d'argent. — Fig. 14 bis. — Arborisations instantanées microscopiques de plomb
Fig. 14 ter. — Arborisations instantanées microscopiques de cuivre

n'est qu'aux extrémités de celles-ci ou à leur suite, que ces cristaux se déposent.

Ajoutons, en passant, cette remarque :

Pour peu que la couche liquide soit épaisse, on constate que les arborisations sont flottantes sur le liquide.

D'ailleurs, la limaille de zinc qu'on laisse tomber sur le liquide reste flottante à la surface, malgré son poids spécifique.

C'est un effet de capillarité que nous avons déjà eu occasion de faire remarquer au sujet de la limaille de fer dans nos expériences relatives aux *fantômes magnétiques flottants* sur l'eau pure [1].

(A suivre) C. Decharme

[1] Voir *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 447, 5 juin 1886.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Aperçu historique sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique, d'après M. Exner

Toutes les questions qui touchent, de près ou de loin, aux phénomènes de l'électricité atmosphérique, ont repris dans ces derniers temps, beaucoup d'actualité. *La Lumière Électrique*, entre autres, a eu à plusieurs reprises à s'occuper de ce sujet; nous ne rappellerons que pour mémoire, les travaux si intéressants de MM. Palmieri, Luvini, etc.

M. Exner a publié dernièrement dans le 94e volume des *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences de Vienne, une étude complète sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique. Cette étude débute par un aperçu historique des

plus intéressant, dont nous voulons faire une analyse aussi courte que possible. Les nombreux renvois bibliographiques qui accompagnent cet historique, ayant un intérêt tout particulier pour ceux qui veulent remonter aux sources originales, nous donnons dans ce qui suit toutes les indications de l'original.

I. *Méthodes.* — C'est au milieu du siècle dernier, que les premières recherches sur l'électricité atmosphérique ont été entreprises ; l'attention des physiciens se porta d'abord sur les phénomènes produits par la foudre et dès l'origine ils envisagèrent l'éclair comme une étincelle électrique excessivement forte. Les effets électriques des orages se manifestant surtout à de grandes hauteurs, les premiers expérimentateurs, De Romas (1), l'Abbé Mazeas (2) et B. Franklin (3), cherchèrent à amener jusqu'à leurs instruments l'électricité des nuages, en la récoltant à l'aide de cerfs-volants qu'ils faisaient monter pendant des temps orageux. Ces premiers essais, couronnés de succès, ouvrirent un nouveau champ d'étude aux physiciens et provoquèrent de nombreuses expériences tant dans le Nouveau que dans l'Ancien monde.

En Amérique, Kinnersley (4) poursuivit les recherches de Franklin, et en Europe: Le Monnier (5), Munschenbroek (6) et Beccaria (7) signalèrent l'état électrique de l'air même pendant un temps clair. Ce dernier physicien remplaça avantageusement le cerf-volant de Franklin par une tige métallique fixée au sommet d'une tour sur des supports isolants et communiquant à un électroscope.

Cotte (8), Romayne (9), Henley (10) et Carvalho (11) effectuèrent aussi des recherches variées sur l'électricité atmosphérique, mais l'étude scientifique de ces phénomènes ne fut sérieusement entreprise que par de Saussure (1) et Volta (2) qui firent faire un grand pas à cette nouvelle branche de la physique.

De Saussure employa des flèches ou des boules reliées à l'électroscope et qu'il lançait à des hauteurs variables ; il rendit ainsi son appareil transportable et put faire ses observations dans les Alpes; Volta, en substituant à la pointe métallique utilisée jusqu'alors un corps incandescent ou une flamme, obtint des résultats plus précis, et divers perfectionnements qu'il fit subir à son électroscope, lui permirent d'effectuer de véritables mesures.

L'ancienne méthode de Beccaria fut encore utilisée par Crosse (3) et Read (4), en Angleterre, puis par Heller (5) et Schubler (6), en Allemagne ; ce dernier fit pendant 20 ans des observations régulières.

Au commencement du XIXe siècle, Erman (7) modifia profondément la théorie de l'électricité atmosphérique en faisant voir que l'électricité récoltée par des pointes métalliques ou des flammes, ne provenait pas de l'air environnant, mais était simplement dûe à des phénomènes d'induction. En élevant ou en abaissant un électroscope bien isolé, il parvenait à le charger, à volonté, d'électricité positive ou négative. Il en conclut que c'était la terre et non l'atmosphère, qui se trouvait électrisée. Peltier (8) se rallia à cette théorie et perfectionna les appareils employés. Il se servit d'une tige métallique pouvant être déplacée suivant la verticale, d'un électromètre à torsion et fonda sa méthode d'observation sur le principe de l'induction. Elle fut un peu modifiée par Quetelet (9) et Dellmann (10), et employée avec succès par les savants italiens, Pal-

(1) Lettre à l'Académie de Bordeaux, 12 juillet (1752) et *Mémoires des Savants Etrangers* II (1755) IV (1763).
(2) *Phil. Trans.* (1751) et (1753).
(3) *Lettres.* (1751) et *Phil. Trans.* (1760).
(4) *Phil. Trans.* (1763) et (1773).
(5) *Mémoires de Paris*, (1752).
(6) *Introd.* I, (1756).
(7) Lettere del *Elettricismo*, Bologna, (1758), et *Elettricismo artificiale*, Torino, (1772).
(8) *Mémoires de Paris*, (1769) et (1772).
(9) *Phil. Trans.* (1772).
(10) *Phil. Trans.* (1774, 1775, 1776 et 1777).
(11) *Treat. on Electricity*, London, (1777 et 1795).

(1) *Voyages dans les Alpes*, (1786).
(2) *Lettere Sulla. Meteor Elettr.* (1788).
(3) *Gilb. Ann.* 41, p. 60.
(4) *Phil. Trans.* (1791)
(5) *Green's J. d.* p. IV.
(6) *Schweigg, J.* III, VIII, IX, XI, XV, XIX, LV, LXIX, (1811-1833).
(7) *Gilb. Ann.* XV, (1803).
(8) *Ann. de Chimie et de Physique*, LXII, (1836).
(9) *Bull. de Bruxelles* XVI, (1849).
(10) *Pogg. Ann.* LXXXIX (1853) et CXII.

mieri [1], à l'observatoire du Vésuve, et Secchi [2], à Rome.

Hankel [3] réduisit ses observations en valeurs absolues, en graduant son électroscope à feuilles d'or, au moyen de l'électromètre qui porte son nom.

Le célèbre physicien anglais sir W. Thomson [4], perfectionna les appareils de mesure, en imaginant son électromètre à quadrants, et préconisa l'emploi du collecteur à eau dont l'usage est maintenant très répandu.

Afin d'examiner si l'air est électrisé et pour neutraliser tout effet d'induction, Mascart [5] proposa d'entourer les appareils d'un treillis métallique et il effectua, de cette manière, de nombreuses expériences, ainsi que A. Roisi [6] et H. Dufour [7], à Lausanne.

Pellat [8] compara les différents systèmes de collecteurs, flammes, eau et corps incandescents et il trouva que les flammes donnaient les résultats les meilleurs.

II. *État électrique normal de l'air.* — Tous les observateurs anciens et modernes, s'accordent sur le fait que, par un temps clair, le potentiel de l'air est toujours positif par rapport à celui de la la terre; il ne devient négatif que quelquefois par un orage ou un ouragan. Les observations effectuées d'une manière régulière, pendant cinq ans, par Birt [9], ont donné 14515 fois un potentiel positif et 665 fois un potentiel négatif; celui-ci ne se manifesta que lorsque le ciel se couvrit tout a coup. Lamont [10], Duprez [11], Everett [12], Wislicenus [13] qui observèrent dans différents pays, ne signalent pas une seule exception à cette règle qui permit à Dellmann d'énoncer la loi: L'électricité atmosphérique d'un lieu est une quantité constante.

Le même phénomène s'observe également au-dessus du niveau de la mer par un temps clair et calme, ainsi que l'ont fait temarquer Quetelet [1], Becquerel et sir W. Thomson [2].

Les variations accidentelles que présentent leurs observations, s'expliquent par des actions locales dûes surtout à la présence de gouttelettes d'eau dans l'atmosphère.

En somme, le potentiel de l'air est, par un temps clair, toujours positif par rapport à celui de la terre.

III. *Variation du potentiel de l'air avec l'altitude.* — La différence de potentiel entre l'air et la terre augmente avec l'altitude du point où se fait l'observation. Lamanon et Mongez [3] sur le Pic de Ténériffe et de Saussure dans les Alpes, obtinrent de très fortes différences de potentiel et le dernier physicien fit la remarque importante que la tension observée ne dépendait pas de la hauteur absolue du lieu au dessus du niveau de la mer, mais bien de la hauteur du point au dessus du sol environnant.

Le potentiel pris à une certaine hauteur, au sommet d'un rocher isolé, d'une tour ou sur la plateforme d'un sémaphore, est toujours plus élevé que sur un terrain plat ou concave, mais il n'a pas encore été possible de se rendre compte d'une manière exacte de la déformation que subissent les surfaces de niveau dans le voisinage d'une construction ou d'une colline isolée.

Pendant une ascension en ballon, Biot [4] et Gay-Lussac [5] ont constamment trouvé un potentiel négatif à 50 mètres au dessous de la nacelle de l'aréostat, mais ce phénomène est simplement dû à un effet d'induction.

Les seules observations qui ne concordent pas ave celles que nous venons de citer sont celles de M. Palmieri [6] de Naples. En mesurant simultanément le potentiel de l'air, à Naples et à l'Ob-

(1) *Arch. des Sc. Phys.* XXVI (1854); *Ann. del osserv. Ves.* I, (1859) II, (1862), IV, (1865-69); *Rendic di Napoli*, (1872).

(2) *Cim.* XIV, (1861).

(3) *Pogg. Ann.* CIII, (1856).

(4) *Sill. Journ.* (2), XXIII, (1856); *Phil. Mag.* (4), XVII, XVIII, (1859; *Reprint of papers etc.*

(5) *Comptes Rendus*, XCV, (1882).

(6) *Arch. de Genève*, (3), X, (1883).

(7) *Publ. del R. Inst. sup. Firenze*, (1884).

(8) *Comptes Rendus*, C, (1885).

(9) *Rep. of the discussion of the electric observations at Kew. Athen*, (1842).

(10) *Ann. der Münch. Sternwarte* (2), IX, (1857).

(11) *Bull. de Brux.* (2), XXVI, (1869-71).

(12) *Phil. Trans.* (1868).

(13) *St.-Louis Trans.* (1863).

(1) *Bull. de Brux.* XVI, XVIII, (1856).

(2) *Phil. Mag.* (4) XVII, XVIII, (1859).

(3) *Journal de Physique*, XXIX, 1786.

(4) *Traité de Physique*, II.

(5) *Journal de Physique*, LIX, 1804.

(6) *Rend. di Nap.* 1874; *Ann. del Oss. Ves.* VI, 1876.

servatoire du Vésuve, il trouva toujours une tension plus faible à ce dernier endroit qui est placé pourtant à une plus grande hauteur au dessus du niveau de la mer. Cette divergence s'explique par la topographie de la ville de Naples et la forme probable des surfaces de niveau. L'Observatoire de cette ville est au château Saint-Elme, bâti sur le sommet d'une colline isolée et haute d'environ deux cent mètres, tandis que l'Observatoire du Vésuve est adossé sur les flancs de la montagne et dominé complètement par les rochers environnants. Les surfaces de niveau seront donc très rapprochées et presque horizontales au château Saint-Elme, tandis qu'elles s'élèvent parallèlement à la croupe du volcan à l'autre Observatoire. Ces considérations expliquent tout à fait les valeurs obtenues par Palmieri et confirment les résultats trouvés par d'autres physiciens.

Les mesures exactes sur la variation du potentiel avec la hauteur sont peu nombreuses. Thomson (1) a trouvé au bord de la mer une augmentation de 200 - 400 volts pour une élévation de 3 mètres; Mascart et Joubert ont obtenu avec deux collecteurs à eau placés l'un à 5 mètres, l'autre à 10 mètres, des nombres qui sont presque toujours dans le rapport 1 : 2.

Roiti (2), en opérant de la même manière, a remarqué que le potentiel de l'endroit le plus élevé est toujours supérieur à l'autre, même lorsque l'air est électrisé négativement.

IV. *Variation annuelle du potentiel de l'air.* — Bien que les observations que l'on possède à ce sujet soient peu nombreuses, on sait d'une manière certaine que le potentiel de l'air est plus élevé en hiver qu'en été et présente des valeurs moyennes en automne et au printemps.

Ce fait ressort clairement des mesures de Schubler (3) à Tubingue, Quetelet (4) à Bruxelles, Thomson (5) à Kew, Palmieri (6) à Naples, et Wislicenus (7) à Saint-Louis (Amérique). Le maximum a lieu ordinairement en janvier et le minimum en juin ou juillet. Le rapport des valeurs obtenues en hiver et en été varie suivant les climats de 13 : 1 à 5 : 1; cette différence est, du reste, due à la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

V. *Variation diurne du potentiel de l'air.* — La plupart des météorologistes, Quetelet, Dellmann, Secchi, Everett (1), Denza (2), Roiti, Palmieri, signalent deux maxima et deux minima. Le premier maximum se remarque régulièrement quelques minutes après le coucher du soleil; le second, moins intense et plus variable, a lieu le matin. Un minimum est toujours observé à midi et l'autre, moins sensible, pendant la nuit.

Toutefois, les observations de M. Mascart (3) à Paris, et celles de l'Observatoire de Lisbonne (4) en 1877 - 78, n'indiquent qu'un maximum et qu'un minimum.

On a remarqué d'une manière générale que le potentiel suivait une marche inverse à celle de la température et de l'état hygrométrique de l'air. Les maxima s'observent surtout les jours de forte rosée et les minima au moment où la température est la plus élevée.

VI. *Influence de la situation géographique du lieu d'observation.* — On possède actuellement peu de données sur la valeur du potentiel atmosphérique en dehors du continent européen; les observations de J.-D. Everett dans la Nouvelle-Écosse, de Wislicenus à St-Louis et de Lephay (5) au Cap Horn, ont donné des résultats analogues à ceux obtenus dans les stations européennes.

Il est probable qu'on trouverait des potentiels beaucoup plus élevés en opérant dans les régions polaires ainsi que l'ont fait Bravais et Lottin en Norwège, Lemstrœm (6) au Spitzberg et Wykander (7) pendant l'expédition suédoise au pôle Nord, mais l'eau étant presque toujours saturée d'humidité, il est difficile de bien isoler les appareils et de faire des mesures très exactes.

Lemstrœm obtint pourtant pendant quelques

(1) *Proc. R. Inst.* 1860.
(2) *Publ. del R. Inst. Sup. Firenze,* (1884).
(3) *Schweigg.* J. (1811-1833).
(4) *Bull. Brux.* XVI (1849).
(5) *Rep. Br. Ass.* (1863).
(6) *El. Alm.* (1884).
(7) *St-Louis Frans* (1863)

(1) *Proc. R. Sos* XVI, (1868).
(2) *Cim.* (3), VIII.
(3) *C. R.* XCI. (1880).
(4) *Ann. do obs. do Inf. D. Luiz, Lissabon,* (1879.
(5) *C, R.* XCVIII, (1884).
(6) *Arch. sc. ph.* (2), XLI. (1871); *Zeitsch. fur Meteor.* XX, (1885).
(7) *Arch. sc. ph.* (2) LI, (1874).

nuits claires une quantité d'électricité assez considérable pour être rendue sensible au galvanomètre.

VIII. *Relation entre le potentiel de l'air et d'autres phénomènes atmosphériques.* — On n'est pas encore parvenu à trouver une relation entre le potentiel de l'air et la pression barométrique ; plusieurs physiciens ont signalé un certain accord entre ces deux phénomènes, mais on ne peut établir aucune loi avant d'avoir de nouvelles observations.

La relation qui existe entre le potentiel atmosphérique et la température est mieux établie ; tous les observateurs ont remarqué que ces deux phénomènes varient en raison inverse l'un de l'autre. Ceci ressort clairement du tableau des variations diurnes et Dellmann a remarqué que le vent froid du N.-O. produit une élévation du potentiel normal de l'air, tandis que le vent humide et chaud du S.-O. en diminue la valeur.

Lorsque le vent emporte des poussières terrestres, son action est encore plus marquée et il peut même arriver que, par un temps clair, le potentiel devienne négatif ; ceci est peut-être dû à un électrisation négative de ces poussières produite par leur frottement contre les murs des maisons. Ce changement dans le sens du potentiel fut observé entre autres par W. Siemens au sommet de la pyramide de Cheops et par Palmieri au Vésuve. C'est aussi à la présence de poussières qu'il faut attribuer le fait que le potentiel pris à l'intérieur d'une chambre est presque toujours négatif, car si l'air de cette chambre reste longtemps en repos, ces poussières se déposent et le potentiel redevient positif.

La pluie et la grêle sont toujours électrisées négativement ainsi que les nuages et en général la vapeur d'eau en suspension dans l'atmosphère; il suffit de faire évaporer de l'eau pour remarquer immédiatement une diminution du potentiel positif de l'air ambiant. Ce fait explique la variation du potentiel avec la température ; dès que celle-ci s'élève, la quantité de vapeur d'eau centenue dans l'air augmente et abaisse ainsi le potentiel.

VII. *Diverses théories sur l'électricité atmosphérique.* — Un grand nombre de propositions ont été émises au sujet de l'électricité atmosphérique; on peut les résumer en quelques théories originales que nous allons rapidement passer en revue.

La plus ancienne, celle de Nollet (1), attribuait l'électricité atmosphérique au frottement des nuages et de l'air ; combattue par Wilke (2), elle fut reprise par Florimond (3) qui fit entrer l'évaporation en ligne et fut appuyé par Luddens (4) et Tait (5). Spring (6), Liebnow (7) et Tromelin (8) basèrent leurs explications sur le frottement de l'air et de la grêle ou sur l'influence du vent.

Mais toutes ces théories sont contredites par le seul fait que le potenttel de l'air est d'autant plus élevé que le temps est plus clair et plus froid.

Franklin, se basant sur sa théorie d'un seul fluide électrique, admettait que l'augmentation de volume de la vapeur d'eau dans les régions élevées développait de l'électricité, mais on ne peut admettre que celle-ci soit due à une simple déformation physique.

Canton (9), Becquerel (10), de la Rive (11), ont cru à des phénomènes de Pyro ou de Thermo-électricité, mais cette explication est en contradiction avec le fait que l'air est plus électrisé en hiver qu'en été, tandis que les différences de température, en différents points de l'atmosphère, sont plus faibles.

La théorie de Volta (12) qui fut longtemps adoptée se base sur les expériences de Bennet (13), qui remarqua que l'évaporation d'eau projetée sur des charbons ardents est accompagnée d'un développement d'électricité.

Grotthus (14), Palmieri, Wanklyn (15) et d'autres physiciens, en opérant dans des conditions analogues, trouvèrent toujours la vapeur d'eau électrisée positivement, mais de nouveaux essais firent voir que cette électrisation était due au frottement de la vapeur contre les parois des vases. Ceci a

(1) *Phil. Frans.* (1752)
(2) *Anm. zu den Briefen Franklin's,* (1758).
(3) *Bull. de Brux.* (2) XI, (1861).
(4) *Ausland.* (1876).
(5) *Proc. Ed. Soc.*, VIII, (1874-75).
(6) *Bull. de Brux.* (3) IV, (1882).
(7) *Natf.* XVII, (1884).
(8) *C. R.* XCVIII, (1884).
(9) *Ph. Trans.* (1753).
(10) *Pogg. Ann.* XVII (1829).
(11) *Mém. Soc. de Genève* XIII (1854).
(12) *Bibl. fisica* (1788).
(13) *Ph. Trans.* (1787, 1789).
(14) *Gehl.* J. IX (1810).
(15) *Ph. Mag.* (4) XXIII (1862.

été pleinement démontré par Configliachi (1), Erman (2), Pouillet (3), Gaugain (4) et dernièrement par Freeman (5) et Blake (6).

La condensation de la vapeur donne aussi un résultat négatif, ainsi que l'a prouvé Kalischer (7).

Il est important, pour la théorie de l'électricité atmosphérique, de savoir, non-seulement si l'évaporation de l'eau est accompagnée d'un dégagement d'électricité, mais aussi d'établir si la vapeur se dégageant d'un liquide électrisé, entraîne avec elle une certaine quantité d'électricité. Les expériences directes se contredisent jusqu'à présent, mais le fait suivant, observé par M. Mascart (8), prouve qu'il y a vraiment un phénomène de convection. Mascart remarqua qu'un liquide s'évapore beaucoup plus rapidement, lorsqu'il est électrisé que lorsqu'il est à l'état neutre, ce qui ne peut être dû qu'à une répulsion électrique entre les molécules de vapeur et la surface du liquide.

Cette expérience a été répétée par Exner, et a fourni les mêmes résultats.

Ermann (9) considère l'air comme étant toujours à l'état neutre, et envisage les phénomènes observés lorsqu'on récolte l'électricité, par des flammes ou des pointes, comme des effets d'induction de la terre qu'il suppose électrisée négativement.

Cette idée a été adoptée par de nombreux physiciens tels que Peltier (10), Duprez (11), Lamont (12), Romershausen (13); Pellat (14) explique les orages et les autres phénomènes électriques de l'atmosphère, en se basant sur la théorie d'induction de Erman.

On a cherché à expliquer l'électricité atmosphérique en se basant sur d'autres phénomènes chimiques ou physiqnes, tels que la formation d'acide carbonique par les plantes, ou la décomposition des substances organiques, idée émise par Becquerel (1) et de la Rive, ou, sur un effet d'induction du soleil. Edlund (2) appuie ses déductions sur la théorie de l'induction unipolaire qu'il a imaginée et dernièrement Luvini (3) et Sohncke (4) attribuent le developpement de l'électricité atmosphérique au frottement de l'air humide contre des cristaux de glace situés dans les hautes régions de l'atmosphère. Toutes ces théories ne réussissent pas à expliquer, d'une manière convenable, les divers phénomènes qui ont été observés jusqu'à présent.

A. P.

(A suivre)

(1) *Gilb. Ann.* XLIII (1813).
(2) *Berl. Acad.* XIX (1818).
(3) *Pogg. Ann.* XI (1827).
(4) *C. R.* XXXVIII (1854).
(5) *Ph. Mag.* (5) XIII (1882).
(6) *Wied. Ann.* XIX (1883).
(7) *Wied. Ann.* XX (1883).
(8) *C. R.* LXXXI (1878).
(9) *Gilb. Ann.* XV (1803).
(10) *Inst.* VIII, IX (1840-41).
(11) *Mém. de l'Accad. Belge*, XVI (1843).
(12) *Münch. Abh.* VI (1850).
(13) *Pogg. Ann.* LXXXVIII (1853).
(14) *J. d. Ph.* (2) IV (1885).

(1) *C. R.* XLII, XLIII (1856).
(2) *Akad. Stockholm* XX (1884).
(3) *Sept Etudes*, Turin, (1884).
(4) *Ursprung der Gewitterelektricitaet*, Iena (1885).

Balance électrodynamique pour la mesure pratique des courants intenses, par M. E. Guinand

Nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion de parler d'ampèremètres ou de voltmètres basés sur l'attraction exercée entre deux spires parcourues par le courant, ou entre une spire et un aimant, attraction mesurée à la balance. Nous ne citerons que pour mémoire l'ampèremètre absolu de M. Pellat.

M. Guinand, ingénieur à Zurich, a combiné un nouveau modèle d'appareil basé sur ce principe et qui paraît lui avoir donné des résultats pratiques très satisfaisants.

Comme on le voit sur la figure, l'appareil se compose de deux bobines circulaires plates formées par un ruban de cuivre ou un fil fin suivant que l'on veut mesurer des courants plus ou moins intenses ; l'une de ces bobines B est fixée à demeure sur le socle de l'appareil, l'autre A est suspendue à l'extrémité d'un levier sur l'autre branche duquel deux curseurs C et D sont mobiles.

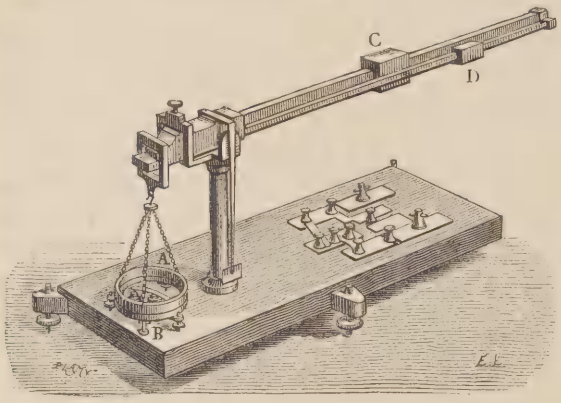
L'équilibre de la balance est établi, lorsqu'aucun courant ne circule dans les bobines, à l'aide du curseur C ; on mesure ensuite le courant en déplaçant le curseur D jusqu'à ce que les deux bobines A et B soient séparées l'une de l'autre. Le déplacement du curseur D donne immédiate-

ment la force d'arrachement et portant l'attraction exercée entre les deux bobines.

Connaissant cette force on peut en déduire l'intensité du courant circulant dans les bobines en partant des dimensions de ces dernières ; il est cependant plus simple de graduer directement l'appareil à l'aide du voltamètre, par exemple.

Des commutateurs placés sur le socle de l'instrument permettent de faire toutes les combinaisons possibles avec les différentes couches de fil indépendantes dont les bobines sont composées et de faire varier ainsi à volonté les limites entre lesquelles l'appareil peut être employé avec facilité et exactitude.

Nous ne nous étendrons pas sur les formules



qui permettent de calculer directement la constante de l'appareil en partant du coefficient d'induction mutuelle des deux bobines ; les développements nécessaires sont donnés assez explicitement dans le traité de Maxwell.

M. Guinand a effectué un grand nombre de mesures et a comparé les résultats obtenus à l'aide de sa balance avec ceux fournis par des mesures directes ou d'autres ampèremètres étalonnés.

L'accord a toujours été aussi parfait qu'on pouvait le désirer et la constante de l'appareil, déduite de ces comparaisons a été identique à celle donnée par le calcul direct.

A. P.

Le dépôt galvanique du fer et le fer électrolytique

Les travaux sur les propriétés physiques du fer chimiquement pur, obtenu par électrolyse, sont extrêmement rares ; on a fait cependant, dans un certain nombre d'hôtels des Monnaies, des essais pour la reproduction par la galvanoplastie des clichés de billets de banque, et nous avons eu, il n'y a pas longtemps, l'occasion de voir, au laboratoire de la Sorbonne, un échantillon de fer obtenu à la Monnaie de Paris.

L'utilité de ces recherches a cependant été reconnue depuis longtemps. En 1869 déjà, une commission de la *British Association* a donné une méthode pour obtenir du fer très pur. Cette méthode due au Dr Matthiessen, consistait à réduire l'oxyde de fer pur, obtenu par la calcination du sulfate de fer pur mélangé avec du sulfate de soude, par de l'hydrogène.

Le fer spongieux obtenu était alors fondu dans un creuset de chaux, au chalumeau oxyhydrique.

Le temps a manqué à la commission pour faire l'étude de ses propriétés physiques, et ce travail ne fut pas repris, par suite de la mort de M. Matthiessen.

On possède également une communication (dans les rapports de la *British Association*) de M. Jacobi de St-Pétersbourg.

MM. Jacobi et Klein ont pris un brevet en Angleterre en 1869 (n° 2456), pour leur méthode d'extraction.

Le dépôt du fer entraîne beaucoup de difficultés : voici, d'après une conférence du professeur W. Chandler, Robert-Austin, à « l'*Iron Institut* » le mode d'opération.

Le bain employé est une solution de sulfate de fer et de sulfate de magnésium, en proportions équivalentes, et d'un poids spécifique de 1,155. La solution doit être neutralisée par l'adjonction de carbonate de magnésium, jusqu'à ce que le papier bleu du tournesol donne une faible trace de réaction acide. Il faut employer une anode en fer forgé, à peu près des mêmes dimensions que l'objet sur lequel on veut déposer le fer ; il convient de donner aux électrodes un écartement de 4 centimètres.

Le succès de l'opération semble dépendre de l'emploi de courants très faibles ; l'auteur a obtenu le meilleur dépôt, dans le cas d'une surface de 560 c.m^2., avec une intensité de 0,089 ampère seulement.

Le courant étaient fourni par deux éléments Smee ayant chacun une électrode d'argent de 50 centimètres carrés de surface et groupés en tension.

Le seul inconvénient de ce procédé est qu'il faut un temps assez long pour l'opération ; il n'a

pas fallu moins de trois semaines pour obtenir un dépôt assez épais.

Le fer adhérant fortement à la surface du cuivre de la cathode, il était très difficile de l'en dédacher; le meilleur moyen de réduire cette adhérence, est de recouvrir le modèle en cuivre d'une mince couche de nickel, qu'on expose quelque temps à l'air afin de ternir légèrement la surface; on applique ensuite une seconde couche de nickel sur laquelle le fer est déposé. Malgré ces précautions, plusieurs moules ont été détruits par suite d'une adhérence partielle entre le fer et le cuivre, à travers le nickel.

L'auteur essaie actuellement de déposer du fer sur des moules en cuivre couverts d'une mince couche d'iodure d'argent qui est un excellent conducteur.

Le fer obtenu par M. Robert-Austin est extrêmement pur; l'analyse a montré qu'un échantillon soumis aux essais physiques dont nous allons parler ne contenait que de très faibles traces de magnésie et 0,005 o/o de soufre. Sa densité est de 7,675 et augmente jusqu'à 7,811, si le métal est recuit. On a constaté que des bandes de métal mesurées avec soin avaient diminué d'un pour cent de leur longueur après l'opération du recuit.

L'auteur avait déjà trouvé, en 1869, que le métal déposé absorbe de 17 à 20 fois son volume d'hydrogène; on sait que Cailletet a démontré que, dans certaines circonstances, le fer déposé absorbe jusqu'à 248 fois son volume d'hydrogène. La présence de ce gaz rend le métal très dur et augmente de beaucoup sa force coercitive, quand il est aimanté.

Malgré la pureté du métal, sa perméabilté magnétique ne parait pas très considérable. D'après les essais faits avec la balance magnétique du professeur Hughes, il semble avoir une susceptibilité de moins des deux tiers de celle d'une bande de tôle au bois.

La susceptibilité d'une bande de fer électrolytique, est considérablement augmentée par l'opération du recuit, ce qui tend à démontrer que les faibles propriétés magnétiques, proviennent de l'état d'agrégation du métal, ou de l'expulsion partielle du gaz et non d'impuretés. En vue de déterminer cette question importante des propriétés magnétiques, l'auteur a déposé sur une tige de cuivre d'une longueur de 30 centimètres environ, d'un diamètre de 12 millimètres, une couche de fer d'une épaisseur maximum de 0,8 m.m.; cette barre sera ultérierement étudiée par le Dr John Hopkinson.

Au point de vue de sa structure moléculaire, le fer déposé électriquement promet de donner des résuttats intéressants aux expérimentateurs. Des bandes de fer d'une longueur de 135 millimètres et d'une épaisseur de 0,08 millimètres et 15 millimètres de large, ont été essayées au point de vue de leur résistance mécanique: on a constaté que le métal déposé écrasait les mâchoires de la machine et il était nécessaire de recuire les extrémités de l'échantillon essayé avant de le soumettre à la tension. Un morceau de fer déposé et soumis à ce traitement, cassait pour une tension de 4,3 kg. par millimètre; une bande analogue, recuite à la température de fusion du zinc (environ 412° C.), avait une résistance de rupture de 21 kilogrammes et un troisième morceau recuit à une température comprise entre le point de fusion de l'argent (940° C.) et celui de l'aluminium (environ 900° C.), avait une tenacité de 24 kilogrammes. L'allongement était toujours très faible et il fallait employer des instruments très délicats pour les déterminer avec exactitude.

Nous avons déjà mentionné l'une des applications du fer déposé électrolytiquement; l'auteur a proposé, il y a déjà assez longtemps, d'employer les reproductions galvanoplastiques en fer, à la production de coins pour médailles, monnaies, etc., réduits au moyen d'une machine spéciale.

E. M.

Sur des oscillations électriques très rapides, par M. H. Hertz (1).

On sait que les oscillations électriques dans une bobine d'induction, ont souvent une durée d'oscillation de l'ordre d'un dix-millième de seconde.

Les oscillations de décharges de condensateurs, observées, par exemple, par Feddersen, sont environ 100 fois plus rapides.

M. Hertz a étudié des oscillations encore 100 fois plus rapides que celles observées par Feddersen, en employant un circuit bon conducteur et non fermé, dont les extrémités ne sont pas occupées par des capacités considérables.

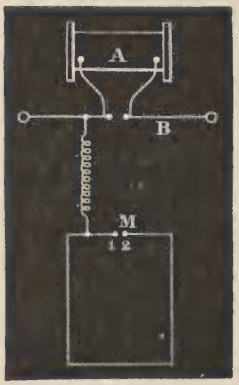
La période des oscillations de ce genre, déter-

(1) *Wiedemann's Annalen*, 1887, n° 7, p. 421.

minée par le calcul, est comprise entre les limites de celle des oscillations acoustiques des corps pondérables et de celle des ondulations de l'éther lumineux.

La disposition employée par M. Hertz est donnée par la figure : A est l'inducteur, B l'interrupteur, M le micromètre à étincelles, formé par deux boules 1 et 2, qui peuvent être déplacées par un mouvement micromètrique. Lorsque l'interrupteur B fonctionne, il se produit entre les boules 1 et 2 des étincelles très bien marquées ce qui dénote l'existence d'une perturbation électrique très violente, et montre que cette perturbation arrive au point 1 bien avant d'atteindre le point 2.

Le nombre et la grandeur des étincelles ne



dépendent que très peu du diamètre, de la longueur et de la nature du fil compris entre les deux boules, mais par contre, de la position relative de ce circuit, par rapport aux autres parties du circuit général.

M. Hertz a, en outre, étndié les phénomènes d'induction mutuelle, qui se produisent dans le cas où le circuit comprend plusieurs parties pouvant s'influencer mutuellement ; il a, en outre, observé des phénomènes de résonnance, dans ces oscillations électriques, ainsi que des nœuds et des ventres.

Nous ne pouvons guère entrer dans le détail de ces observations qui offrent un intérêt tout spécial et nous renvoyons au mémoire original, le lecteur qui voudrait avoir des informations plus complètes sur ce sujet.

A. P.

Théorie du phénomène de Hall, par D. Goldhammer (1).

Un essai de théorie mathématique du phénomène de Hall, a déjà été fait par M. Lorenz qui a modifié un peu les équations fondamentales du mouvement de l'électricité dans une plaque pour tenir compte de l'influence du champ magnétique; M. Boltzmann, en partant des équations de Lorenz, a déduit plusieurs conséquences qui ont été vérifiées expérimentalement par M. Ettingshausen.

La théorie de M. Lorenz admet implicitement que la résistance électrique de la plaque métallique ne varie pas dans le champ magnétique, ce qui est contraire à l'expérience.

M. Goldhammer a développé une théorie complète qui rend compte non seulement de la variation de la résistance électrique des métaux placés dans un champ magnétique, mais donne aussi une démonstration directe du phénomène de Hall.

Cette théorie repose sur l'hypothèse que tout métal isotrope devient allotrope lorsqu'il est placé dans un champ magnétique. En traduisant en formules cette hypothèse, M. Goldhammer démontre la plus grande partie des phénomènes observés.

Nous ne développerons pas ces formules, nous bornant à renvoyer ceux de nos lecteurs que cette question intéresse au mémoire original.

L'auteur termine son travail en signalant un certain nombre de points intéressants à étudier et certaines analogies qui existent entre le phénomène de Hall et d'autres phénomènes de ce genre. Il indique, par exemple, qu'il doit exister une relation entre le pouvoir rotatoire de Hall et la variation de résistance du même métal et que tous les métaux, par suite de la modification de leur état moléculaire doivent subir aussi une une modification de leur conductibilité calorifique ; une modification des propriétés thermo-électriques des métaux par la force magnétique doit être aussi probable.

A. P.

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXXI, p. 370.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

L'ÉLECTROLYSE ET LE RAFFINAGE DU SUCRE. — M. G. Fahrig d'Eccles dans le *Lancaster shire* a inventé un nouveau procédé pour le raffinage du sucre, au moyen de l'électrolyse.

Le sucre blond est blanchi ou moyen d'ozone produit par les courants électriques de haute tension d'une dynamo. Les électrodes sont constituées par des treillis métalliques recouverts d'une couche de platine ou d'un autre métal inoxydable.

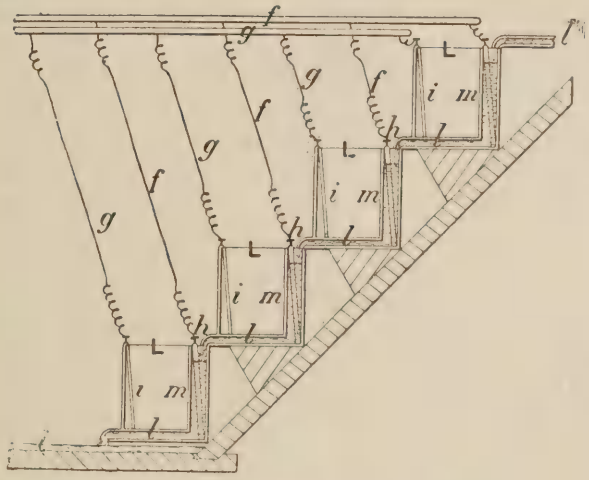


Fig. 1

Ils sont placés dans la cuve avec interposition de plaques perforées en poterie. Après avoir été moulu et séché à l'air chaud, le sucre brut est placé entre la plaque et les treillis et les décharges passant entre les électrodes, produisent de l'ozone qui sépare le sucre des matières colorantes. Pour purifier davantage le sucre, M. Fahrig le sèche et le place dans une autre cuve avec des plaques conductrices en charbon ou en platine, séparées par une cloison poreuse. Le sucre est placé d'un côté de cette cloison, et de l'autre côté circule de l'eau. Le courant d'une dynamo à faible tension, est envoyé à travers la cuve entre les plaques; l'eau entraîne les impuretés séparées par le courant, et le sucre est de nouveau blanchi et raffiné.

La figure 1 représente une série de quatre cuves disposées en cascade, pour permettre à l'eau de circuler; *i* et *h* représentent les plaques reliées aux pôles de la dynamo par les conducteurs *f*, *g*; *m* représente la cloison poreuse, L les espaces remplis de sucre et *l* les compartiments où l'eau circule.

LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES A TRAVERS LES GAZ. — Le Dr Schuster F.R.S, a constaté par des expériences qu'il vient de communiquer à la *Royal Society*, qu'on peut obtenir un courant électrique continu dans l'air à la température ordinaire, avec des électrodes qui ont une différence de potentiel d'un quart de volt seulement, et probablement moins, à la condition de maintenir une décharge continue indépendante dans le même espace fermé; en d'autres termes, le passage d'une décharge continue, rend l'air du vase conducteur, pour des forces électromotrices indéfiniment décroissantes; le Dr Schuster n'a pu cependant les mesurer exactement au-dessous de 1/4 volt, à cause du galvanomètre dont il s'est servi.

L'appareil employé par l'auteur se composait d'un écran en feuille d'étain relié à la terre et d'un côté, se trouvaient deux électrodes principales, d'où passait le courant de la pile principale; de l'autre côté, étaient deux électrodes auxiliaire reliées aux pôles d'une faible source. Dès que le courant principal passait, le rendement s'établissait également et restait constant et parfaitement mesurable. La plus faible force électromotrice observée donnant un courant dans ces circonstances était d'un sixième d'un élément Leclanché, c'est-à-dire d'un quart de volt environ.

L'intensité du courant secondaire augmente rapidement, avec l'intensité de la décharge principale, comme avec une réduction de la pression. L'intensité du courant de la pile auxiliaire, augmente moins rapidement que la force électromotrice. Dans quelques expériences où l'une des électrodes de la pile auxiaiaire était un fil de cuivre, et l'autre un disque de même métal, le courant était presque toujours beaucoup plus fort quand la grande surface formait la cathode. Tout ce qui facilite la diffusion du gaz du courant principal aux électrodes auxiliaires, augmentera l'intensité du courant secondaire. Quand l'écran qui séparait les deux champs était en gaze métallique au lieu d'être en feuille d'étain, les courants étaient plus intenses.

D'après M. Schuster, ces expériences prouvent que l'état gazeux d'un corps n'empêche pas

une force électromotrice, aussi faible que l'on voudra, de produire un courant.

S'il faut une force électromotrice déterminée dans les circonstances ordinaires, ce fait doit s'expliquer, comme Edlund et d'autres l'ont fait, par une résistance de surface spéciale, qu'il faut vaincre par une différence de potentiel déterminée à la surface.

Le Dr Schuster explique ce phénomène, en supposant que si deux atomes d'un gaz, composant une molécule, sont chargés d'électricités contraires, mais maintenus ensemble par des forces moléculaires, il faut une force déterminée pour les séparer.

Mais, dès que cette force est vaincue, et que les atomes peuvent librement constituer un courant, ils peuvent subir l'action de n'importe quelle force électromotrice qui pourra être appliquée.

Les atomes, avec leurs charges positives et négatives, diffusent du côté des électrodes auxiliaires, et leur communiqueront leur électricité.

Les électrodes auxiliaires n'ont pas besoin d'une différence de potentiel déterminée, même s'il faut une certaine quantité de travail pour changer l'électricité positive d'un atome en électricité négative, car ce travail est récupéré à l'autre électrode où des atomes du même genre changent l'électricité négative en positive.

Le Dr Schuster a fait également remarquer, dans un autre domaine, que les résultats qu'il a obtenus l'année dernière, semblent prouver que la principale cause des variations diurnes du magnétisme terrestre doit être cherchée dans les régions supérieures de l'atmosphère.

Le professeur Balfour Stewart suppose que les courants d'air dans ces régions, peuvent donner lieu peut-être, à cause des lignes de force du magnétisme terrestre, à des courants électriques qui y circulent.

Les aurores boréales, les orages et les autres décharges électriques, de même nature, ont peut-être pour effet, de rendre les régions dans lesquelles ils se produisent conductrices pour toute autre force électromotrice, même très faible, de sorte que tout mouvement régulier, comme la marée, pourrait très bien donner lieu à des effets périodiques qui se répercuteraient sur nos aiguilles magnétiques.

L'ILLUMINATION ÉLECTRIQUE A LA REVUE NAVALE DE SPITEHEAD. — La lumière électrique a joué un rôle important dans l'illumination de la flotte à Spitehead dans la soirée du 23 juillet, après la revue passée par la reine d'Angleterre.

La plupart des navires portaient le monogramme V.R. formé de lampes à incandescence placées entre les mâts, tandis que d'autres vaisseaux, les uns éclairés par des foyers à arc, d'autres avec des lampes à incandescence, et à l'ancre autour de la flotte contribuaient à l'effet général.

Le moment culminant de l'illumination électrique a eu lieu après 10 heures, vers la fin. Les navires ont fait fonctionner leurs puissants foyers de projection et éclairaient l'espace dans tous les sens.

Un léger brouillard servait plutôt à rehausser l'effet, et faisait ressortir les immenses rayons lumineux sur un fond abscur. La double ligne de cuirassés s'étendait sur une longueur de 4 milles, flanqués de chaque côté des vaisseaux-écoles, de transports et de toute une flottile de torpilleurs.

En dehors de l'illumination électrique, il y avait encore, à bord, des feux de couleurs, et, de temps en temps, des feux d'artifice ; le spectacle était de toute beauté, lorsque, sur un signal donné, toute l'escade s'illuminait subitement.

Un des navires présents à la revue était un nouveau steamer appartenant à la *Penninsular et Oriental C°* ; la *Victoria* fait partie d'un groupe de nouveaux vapeurs que la compagnie fait construire en ce moment, ; elle jauge 6000 tonnes, et ses machines sont de 7000 chevaux. Il y a 500 lampes à incandescence à bord, avec un double jeu de dynamos.

La *Victoria* a été construite sur la Clyde et marcha, pendant les essais, à une vitesse de 17,4 nœuds par heure.

LE MANGANÈSE ET LE MAGNÉTISME. — M. P. B. Warren a fait remarquer que le manganèse métallique essayé par la méthode que nous avons décrite dans une correspondance récente, se montre magnétique.

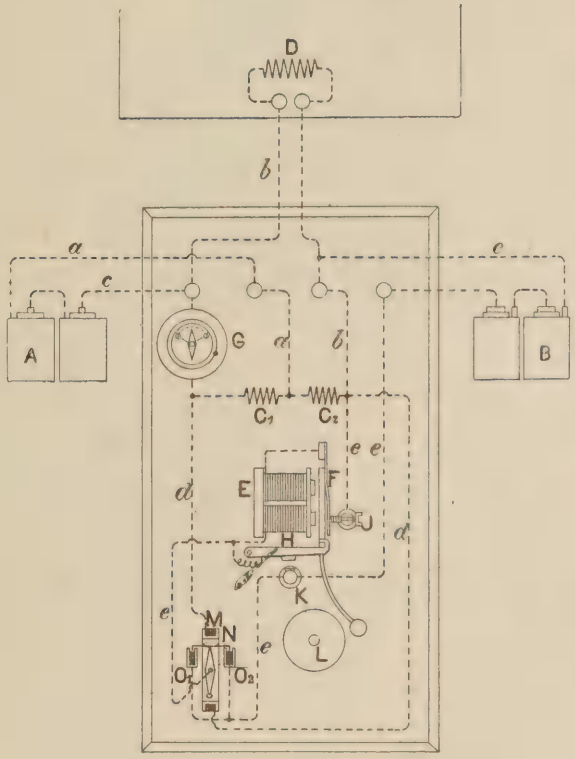
Faraday le plaçait dans la même classe magnétique que le chrome, le cesium, le titane et l'osmium, parce que certains de leurs composés manifestaient les propriétés magnétiques ordinaires.

Avec la méthode de M. Warren, une balance

sensible au 1/100 de gramme, suffit, en général, pour mesurer les forces magnétiques.

Nous pouvons ajouter que Sir William Thomson a, dernièrement, constaté que le pétrole subit une certaine influence magnétique

UN SIGNAL D'ALARME ÉLECTRIQUE POUR LES COFFRE-FORTS. — MM. Chubb et Cie, fabricants de coffres-forts et de serrures, viennent d'adopter un signal



d'alarme électrique, imaginé par M. N. G. Thompson, à Londres.

Il est impossible, avec cet appareil, de couper ou de mettre en court-circuit les fils qui amènent le courant au coffre-fort sans faire marcher une sonnerie.

Une série de contacts, placés sur le coffre-fort, actionnent la sonnerie, dès que la porte est ouverte ou le meuble déplacé.

La figure représente les principales communications.

A et B sont deux piles, la première doit être à courant constant, et pour l'autre, on peut employer des éléments Leclanché.

C_1 C_2 sont deux résistances égales.

G est un galvanomètre d'une résistance à peu près égale à une autre résistance D, placée à l'intérieur du coffre-fort.

E E sont les électros d'une sonnerie ordinaire actionnant une armature F, qui attire ou lâche le bras de contact H, selon le cas.

J et K sont des bornes de contact.

M est un galvanomètre dont l'aiguille N est équilibrée verticalement et munie de pointes en platine, à son extrémité supérieure, qui peuvent venir plonger et faire contact dans des godets de mercure O_1 O_2. L'extrémité inférieure porte un faible contre-poids.

Les contacts à l'intérieur du coffre-fort même, le commutateur principal et le levier pour ramener le bras H en position, ne sont pas indiqués sur la figure.

Quand tout est en ordre, le courant de la pile A A passe par le conducteur *a a* et se divise entre les résistances C_1 C_2, de là par le circuit *b b* à travers la résistance D et les fils *c c*, à travers le galvanomètre G aux éléments. Ce galvanomètre indique si le courant passe.

Le galvanomètre M étant en équilibre n'indique aucun courant.

Mais, si l'on coupe le circuit *b b* allant au coffre-fort, l'équilibre du galvanomètre M est détruit, et il s'établit un courant momentané à travers le circuit *d d* qui fait dévier l'aiguille N et fait passer le circuit de la pile de sonnerie B par *e* K *e* J *e*. L'armature F est, par conséquent, attirée par les aimants E, et le bras de contact H est remis en liberté.

Le galvanomètre M est ainsi mis en court-circuit, et le circuit de la sonnerie est établi. La sonnerie continue donc à fonctionner jusqu'à ce que la position du bras H soit modifiée, tandis que l'aiguille galvanométrique retourne à sa position verticale à cause de son poids.

Si le circuit *b b* allant au coffre-fort était mis en court-circuit aux bornes, sur le coffre-fort ou ailleurs, l'aiguille du galvanomètre M est de nouveau déviée, et la sonnerie, actionnée par un courant passant à travers le circuit *d d*, en sens inverse.

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES OMNIBUS. — Ainsi que nous l'avons déjà dit, la Cie Générale des Omnibus de Londres a fait des expériences d'éclairage électrique de ses voitures.

J'ai déjà parlé dans une lettre récente de la pile employée, qui est celle de M. D.-D. Walsk.

La pile *Eclipse*, comme on l'appelle dans le commerce, se compose d'une boîte en bois de 15 centimètres de long sur autant de large et contenant quatre éléments. Chaque élément est composé d'un réservoir en vulcanite avec un vase poreux. Les plaques sont en zinc et en charbon. Les charbons sont placés dans des vases poreux dans une solution de nitrate de soude ; les zincs sont dans les vases extérieurs dans de l'acide sulfurique dilué. La principale nouveauté que présente cette pile consiste dans la manière dont les zincs sont reliés. Ils sont suspendus par leurs centres sur des crochets en cuivre de façon à éviter des soudures et toute action locale.

J. Munro

Autriche

Le voltmètre et les appareils de controle de MM. Bruckner, Ross et Cie. — On sait que les voltmètres employés jusqu'ici dans la pratique ne répondent qu'en partie aux exigences d'un instrument industriel.

Presque tous ces instruments sont entâchés de

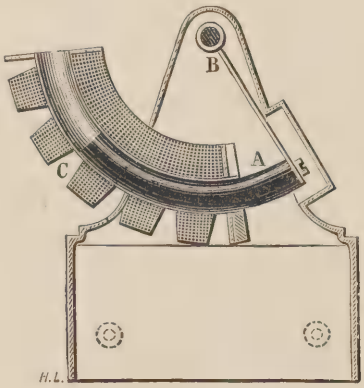


Fig. 1

défauts qui influencent avec le temps sur l'exactitude des lectures : on peut reprocher ce défaut à tous les appareils à aiguilles magnétiques ou à aimants permanents.

D'autre part, ces instruments ne tiennent souvent pas compte des différences de température; enfin les ressorts ou les contre-poids mobiles constituent une autre source d'erreur, surtout dans des mains inexpérimentées ; ces organes se dérèglent facilement, et l'on perd toute sécurité dans l'exactitude des lectures.

Tous ceux qui ont eu l'occasion de comparer

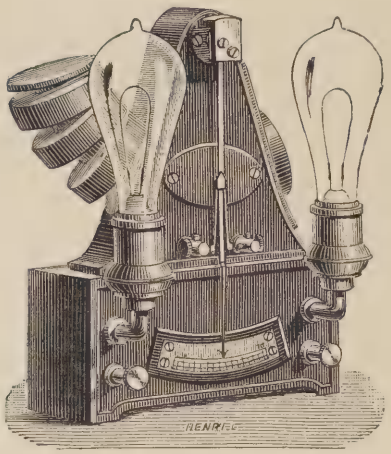


Fig. 2

un grand nombre de voltmètres de différentes provenances, ont pu constater que des différences de plus de 5 o/o, dans les lectures, ne sont pas rares du tout, même avec les meilleurs appareils.

Mais, dans une installation de lampes à incandescence, où il faut maintenir la tension exactement constante à 1 o/o près ; il est évident que des instruments de ce genre sont presque sans valeur pratique.

Il faut encore considérer ce fait, que les voltmètres qui n'indiquent que la tension sur une échelle graduée, ne sont pas très utiles au point de vue industriel, car on ne peut pas demander au personnel d'une installation d'éclairage, d'avoir toujours l'attention fixée sur cette échelle, généralement très petite.

Le personnel peut donc, raisonnablement, demander à être prévenu par un signal acoustique ou optique, de toute modification de la tension.

La maison Bruckner, Ross et Cie de Vienne, vient de construire un voltmètre qui remplit toutes les conditions qu'on pourrait imposer à un appareil de ce genre.

La construction de l'appareil est aussi simple que possible. Un noyau en fer, en arc de cercle, A (fig. 1), est suspendu en B et plonge, en partie,

dans le solénoïde formé par les bobines C C.

Ces bobines sont en fil de maillechort, de sorte que l'influence des changements de température est inappréciable.

L'attraction des solénoïdes C C, fait plonger le noyau A, tandis que son poids tend à le retenir.

Par cette disposition très heureuse, la déviation du noyau est rendue presque proportionnelle à l'intensité du courant ; une aiguille, montée sur l'axe B, indique la déviation en volts, sur une échelle, et se déplace entre deux vis de contact à réglage, de manière à avertir le personnel de toute modification de la tension, soit en alternant deux lampes à incandescence colorées, placées devant l'appareil (fig. 2), soit en actionnant deux sonneries de timbres différents.

Un courant dérivé traverse l'aiguille dans ce but.

Comme on le voit, on a évité d'employer des contrepoids ou ressorts de réglage, de sorte que, même s'il est démonté par des mains inexpérimentées, l'appareil ne peut pas être déréglé, mais donnera toujours les mêmes déviations.

L'instrument indique, avec exactitude, des changements de tension de 1,5 o/o.

Comme on a évité les aimants permanents et les aiguilles aimantées, les secousses dans les transports sont sans influence sur l'exactitude de l'appareil, dont le prix est d'ailleurs très modéré [1].

J. Kareis

États-Unis

Un téléphone a anche. — Pour obtenir avec un récepteur téléphonique une reproduction parfaite des sons émis devant le transmetteur, M. G. Safford de Washington, a imaginé un nouveau récepteur dont la construction permettrait, d'après l'inventeur, de reproduire toutes les modulations qui, dans un téléphone à un seul diaphragme, ne peuvent être reproduites.

Il emploie pour cela une série d'anches de différents tons, et actionnées par une série d'électro-aimants traversés par le courant du transmetteur.

Les figures 1, 2 et 3 représentent la manière dont

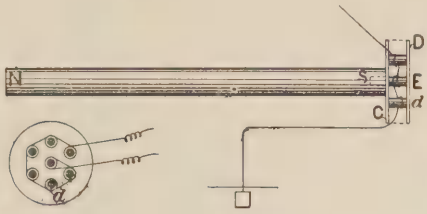


Fig 1 et 2

l'auteur a réalisé son idée. Derrière chaque anche se trouve un électro-aimant, et toutes les bobines sont en série. Les anches sont disposées de manière à donner différents tons. On a au moins une anche par demi-ton d'un octave entier de l'échelle musicale diatonique. De cette manière on peut reproduire, d'après M. Safford, tons les sons, soit directement, soit par l'intermédiaire d'impulsions électriques ayant la même période.

Elles reproduisent également les notes harmo-

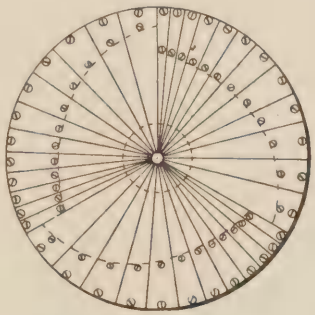


Fig. 3

niques qui donnent le timbre et marquent la différence entre les sons ayant la même élévation et la même intensité.

La dynamo Schuyler. — Après beaucoup d'expériences et de perfectionnements, la *Schuyler Electric Light C°* de Hartfordt, (Connecticut), vient d'arrêter un type de dynamo qui présente plusieurs dispositions originales.

La machine désignée sous le nom de type N° 5 et qui est représentée sur les fig. 1 et 2, ne comprend que trois parties ; les inducteurs et l'armature ve-

[1] On trouvera peut-être cette description un peu enthousiaste, en se rappelant que l'appareil contient un noyau de fer doux, dont l'emploi, dans un galvanomètre ordinaire, demande toutes sortes de précautions (ampèremètres et voltmètres de Kohlrausch) ; mais, dans un appareil de ce genre qui est, en somme, parcouru par des courants à peu près constants, ces inconvénients disparaissent en effet.

N. D. L. R.

nus de fonte avec une pièce polaire et la moitié des culasses, et réunis par celles-ci. Les inducteurs inférieurs sont fortement fixés à deux madriers en bois qui portent les bornes et un commutateur. Cette partie comprend, également, les poulies de l'arbre de l'armature.

Les inducteurs sont en fonte, mais ils ont cette particularité d'avoir un noyau central en excellent fer forgé, autour duquel la fonte est coulée. Les deux parties de la carcasse sont simplement réunies par quatre boulons.

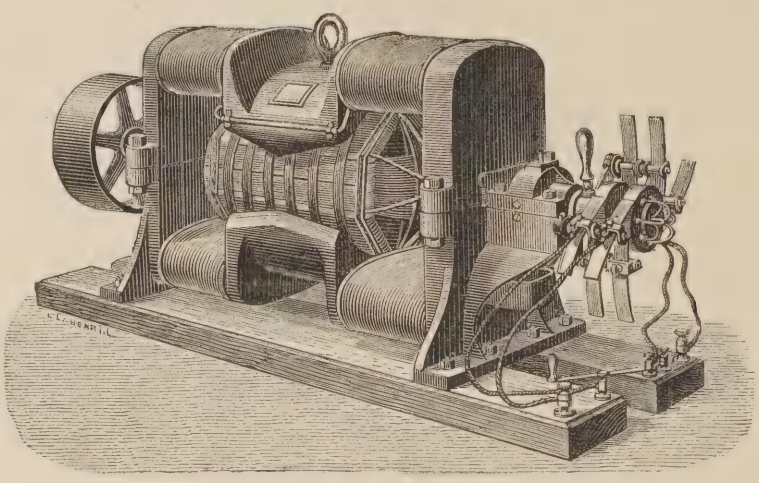


Fig. 1

Les coussinets qui sont à graînage continu présentent un dispositif original, et ils fonctionnent parfaitement depuis trois ans.

Comme on le voit figure 1, l'arbre de l'armature est pourvu de deux colliers qui règlent le jeu des extrémités, et tournent dans deux grands réservoirs à huile. Par suite de la rotation, l'huile passe constamment autour et, par une disposition spéciale, elle est distribuée dans les canaux qui

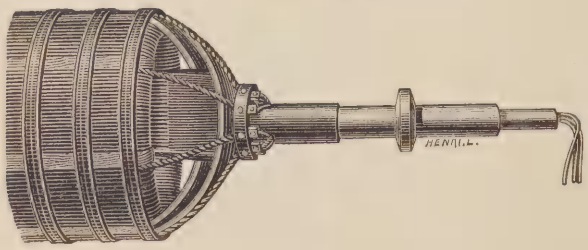


Fig. 2

s'étendent sur toute la surface de frottement. Après avoir passé autour des coussinets, l'huile est rassemblée dans le réservoir d'où elle est de nouveau mise en circulation. L'expérience a démontré que des coussinets de ce genre fonctionnent parfaitement bien et ne demandent pas à être inspectés plus d'une fois par semaine.

L'enroulement de l'armature ne comprend que quatre bobines, formant deux par deux un système muni de son commutateur indépendant. Les deux systèmes sont groupés en série d'une façon permanente. Chaque bobine est entièrement mise hors circuit deux fois par tour, lorsque la force électromotrice est nulle. Le grand avantage que présente cette construction, est qu'elle permet d'assurer une bonne ventilation à l'enroulement de l'induit.

Le noyau de l'armature est creux avec une ouverture à chaque bout et deux bobines d'un système sont d'abord enroulées directement sur le tambour, tandis que le deuxième système est enroulé en partie sur le premier, de manière à laisser un grand espace libre pour l'air. On obtient ainsi une bonne isolation entre les points ayant la plus grande différence de potentiel. Les bobines agisssent en même temps comme un ventilateur, en forçant l'air à travers le milieu, pour l'expulser à la circonférence.

Les huit extrémités des quatre bobines sont reliées à un anneau en ardoise, d'où partent les câbles passant à travers l'arbre creux, jusqu'à un commutateur également en ardoise. Ce dernier se compose d'une base en ardoise, sur laquelle sont fixés huit segments en cuivre, qui sont interchangeables, de sorte qu'il ne faut que quelques minutes pour changer un segment, ou même tout le commutateur. Comme l'isolation est très parfaite et les matériaux incombustibles, il n'y a aucun danger de mettre les bobines en court-circuit.

On emploie huit balais pour la collection du courant ; les balais une fois réglés ne demandent aucune surveillance, pendant des semaines.

La construction spéciale de l'armature permet d'en utiliser la moitié seulement, au besoin, de sorte que, même en cas d'accident, on peut toujours utiliser une partie de la machine.

Les inducteurs sont couplés entre les deu enroulements d'armature, de sorte que l'isolation de l'armature n'aurait à supporter que la moitié de la force électromotrice totale, dans le cas où les inducteurs seraient mis à terre par acccident.

Voici quelques données sur cette machine :

Poids	1650	kilogs.
Surface de base	2 × 0,625	mètres.
Tours par minute	850	
Force électromotrice aux bornes	2790	volts.
Intensité du courant	9	ampères.
Résistance de l'induit (à chaud)	12,9	ohms.
— des inducteurs —	13,3	ohms.
Rendement électrique	92	pour cent.
Rendement commercial	85, 6	—

L'armature pèse 70 kilos et le poids total du cuivre est de 260 kilos.

La puissance totale est à la vitesse normale de 25,110 watts, oit de 34 chevaux électriques. Chaque lampe à arc du système Schuyler absorbe 450 vatts (50 volts, 9 ampères), ce qui donne une capacité de 50 lampes à arc en laissant 2610 watts pour les lignes.

Toutes les machines sont accompagnées d'un nouveau régulateur qui règle toutes les fluctuations du courant et le ramène à la valeur normale.

L'emploi de l'acide permanganique dans les accumulateurs. — D'après M. Meseroles, une trace de sulfate de manganèse dans la solution d'acide sulfurique employée dans les piles secondaires au plomb semble favoriser considérablement la formation.

L'effet est plus prononcé dans un élément Planté que dans les autres systèmes. La quantité de manganèse doit être d'environ la millième partie du poids de l'électrolyte; une plus grande proportion peut donner lieu à la formation d'un dépôt dans l'élément.

La présence d'une faible quantité de manganèse semble causer la formation d'acide permanganique pendant la charge de l'élément. Une fois celui-ci chargé, on voit apparaître une couleur rouge dans le liquide, coloration qui disparaît avec le temps, ou quand l'élément est déchargé.

Le sulfate de manganès ou l'acide permanganique formé par l'action du courant de charge semb.e favoriser l'oxydation du sulfate de plomb qui peut se former sur les plaques, et aider à l'oxydation et à la réduction des surfaces de plomb des électrodes, Uu grand nombre d'expériences a démontré l'avantage pratique de ce procédé.

Le chemin de fer électrique d'une raffinerie de sucre a Boston. — La facilité et le peu de frais occasionnés par l'installation d'un chemin de fer électrique dans une grande usine qui possède déjà une dynamo, ont été démontrés récemment dans une raffinerie de sucre à Boston (East-Boston). Cet établissement, le plus grand dans son genre dans la Nouvelle-Angleterre, est situé à environ 400 mètres des docks où les navires déchargent le sucre brut.

Autrefois, le transport des sacs à l'usine se faisait par un railway mû par des chevaux, mais le travail était très dûr pour ces animaux qu'il fallait souvent remplacer.

Comme l'usine possède une installation de 150 lampes Edison, on décida de construire un chemin de fer électrique et la *Sprague Electric Motor C°* fut chargée de l'installation.

Le matériel roulant se compose de deux wagons plats, dont l'un, sur le devant, porte le moteur de 15 chevaux, ainsi que les commutateurs et régulateurs.

Ces voitures sont capables de transporter une charge de 12 barriques, correspondant à un poids de 1500 kilos.

Le courant est fourni par la dynamo de l'éclairage et amené au moteur par un fil aérien avec intermédiaire d'une poulie; la voie sert de conducteur de retour.

Avec la traction électrique, le travail se fait *quatre* fois plus vite qu'avec les chevaux.

Le moteur fonctionne sans bruit ; bien que la voie soit toujours en mauvais état et couverte de sucre et de mélasse, on n'a eu jusqu'ici aucune difficulté.

J. Wetzler

RESUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

181264. — RIES (1er février 1887). — SYSTÈME PERFECTIONNÉ DE COMMUTATEUR POUR FERMER LE CIRCUIT DES FREINS ÉLECTRIQUES.

La commande d'un frein électrique ou autre pour un train de chemin de fer devant, tout en étant assez rapide, être faite sans brusquerie, et d'une façon graduée, la fermeture simple du circuit pour le cas d'un frein électrique ne peut convenir. Il existe déjà un certain nombre de dispositifs pour éviter cette fermeture brusque : à ceux-ci viendra s'ajouter celui de M. Ries.

Le principe de son appareil peut se comprendre sans figure, d'autant que tout à l'heure nous en retrouverons les détails.

En effet, le commutateur en question se compose d'une boîte en bois traversée par un arbre sur lequel est monté un levier de manœuvre extérieur à la boîte. Ce levier, qui dans son mouvement vient successivement en contact avec des touches de cuivre, a deux effets simultanés : il envoie une dérivation du courant au frein, en même temps qu'à un solénoïde renfermé dans la boîte.

Il arrive alors que ce solénoïde qui est circulaire, attire son noyau, et comme celui-ci est solidaire d'un levier fou sur l'arbre, qui frotte également sur des touches, le courant dérivé va successivement augmentant, actionnant de plus en plus le mouvement du noyau du solénoïde en même temps que l'action du frein.

Avec ce dispositif, l'introduction du courant se fait ainsi rapidement, mais d'une façon graduée, d'autant que, si l'on ne pousse pas à fond le levier de commande, ce n'est jamais qu'une fraction du courant total qui agit sur le frein.

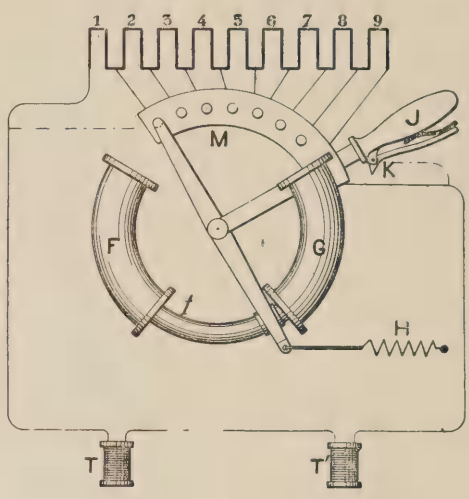
Maintenant, et ceci compris nous pouvons passer au brevet suivant qui n'est, du reste, que la reproduction du précédent, la figure en plus.

181265. — RIES (1er février 1887). — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS LES DISPOSITIFS DE COMMANDE DES FREINS ÉLECTRIQUES DE CHEMINS DE FER.

La figure l'indique, vous le voyez, c'est la répétition de ce que nous venons de dire. Le brevet 181264 a donné le principe du commutateur, voici maintenant le schéma des dispositions à prendre pour son adaptation à la commande des freins de chemins de fer.

Le solénoïde circulaire est en F, *f* est un noyau de fer doux, G est un modérateur composé d'un cylindre dans lequel se meut un piston. T, T′ sont les électros des freins, 1, 2, 3, 4 ... 8, 9 les éléments de pile, M le secteur où se trouvent les touches de groupement, C le levier de contact, J le levier de manœvre avec son cliquet, K et H enfin le ressort de rappel.

En ce qui concerne la manœuvre, nous n'aurions qu'à



répéter ce que nous avons dit plus haut, à ceci près que, lorsque au lieu de piles on se sert d'une machine pour actionner le frein, le schéma 1, 2, 3, 4 ... 8, 9 ne doit plus représenter les éléments, mais des résistances, qui se retranchent une à une dans le mouvement du levier C.

181319. — CHAPRON (3 février 1887). — PROCÉDÉ DE MÉTALLISATION APPLICABLE A LA GALVANISATION

Ce procédé, appelé *metallo-nature* par son inventeur, sans qu'on sache bien pourquoi, est spécialement destiné aux jeunes filles artistes qui veulent faire de l'art à bon marché. Il permet en effet de galvaniser les fleurs, les feuilles, les fruits, etc., auxquels la plombagine, on le sait, ne peut être appliquée.

A cet effet, voici les opérations à faire : on commence par prendre la plante qu'on veut recouvrir de cuivre ou d'argent même, quand on est riche. On la lave soigneusement à l'eau, puis à l'alcool, et pendant qu'elle sèche un peu, on prépare la liqueur suivante :

Dans 900 cent. cubes d'eau on met 5 grammes d'azotate d'argent, on verse de l'ammoniaque doucement, jusqu'à dissolution complète, on ajoute assez d'eau pour faire un litre de liqueur, et finalement on termine par l'addition d'acide pyrogallique étendu jusqu'à ce que le mélange ait pris une teinte *paille*.

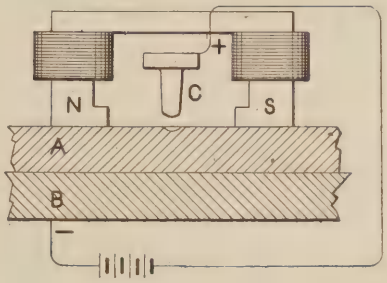
Dans un pareil bain alors, on plonge la plante en question pendant un quart-d'heure environ, et lorsqu'on l'en

retire, comme toute la surface est recouverte d'une très mince couche d'argent, le dépôt galvanique peut être fait par les moyens ordinaires.

181409. — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRAVAIL ELECTRIQUE DES MÉTAUX (8 février 1887). — RIVURE ÉLECTRIQUE.

Ce que revendique le présent brevet, c'est l'emploi de la haute température de l'arc électrique pour opérer par la fusion des métaux à river, d'abord le logement du rivet, puis la rivure proprement dite.

Le petit dessin ci-contre permet de comprendre comment le travail peut s'opérer. Les métaux à river A et B sont placés l'un sur l'autre. On met l'un d'eux, B par exemple, en relation avec le pôle négatif d'une forte batterie d'accumulateurs, et avec un crayon de charbon C



relié au pôle positif, on fait jaillir l'arc au point de A où doit être placé le rivet.

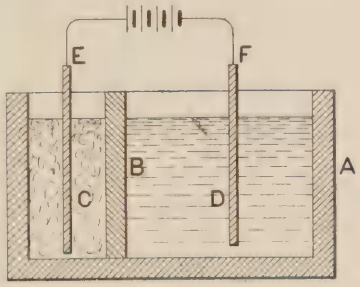
Toutefois, comme pour opérer rapidement, l'arc électrique a besoin d'être dirigé, on dispose un électro-aimant comme le montre la figure, en prenant la précaution d'interposer des calles de bronze sous les pôles N et S, si A et B sont des métaux magnétiques. De la sorte, on prépare par la fusion des métaux le logement du rivet, et celui de sa tête, et lorsque le rivet est ensuite introduit en dirigeant l'arc sur sa tête, on fond partiellement celle-ci pour lui donner la forme de goutte de suif. Evidemment, une pareille rivure doit être excellente, et ce qu'on pourrait lui reprocher ne saurait être que sa trop grande solidité. Il est certain, que non-seulement on rive en opérant comme nous l'avons dit, mais encore on soude les métaux entre eux et le rivet avec, sans qu'on puisse jamais songer à défaire ce qu'on a fait.

181395. — RODOLPHE DE MONTGELAS (7 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LE PLACAGE EN ALUMINIUM PAR LA GALVANOPLASTIE ET LES APPAREILS EMPLOYÉS A CET EFFET.

Pour obtenir le placage en aluminium d'objets quelconques, selon le procédé Montgelas, la partie la plus délicate consiste dans la préparation du bain. On commence par faire dissoudre de l'aluminium dans de l'acide chlorhydrique, puis on fait évaporer la solution en chauffant modérément. Le sel une fois desséché est alors redissous dans de l'eau chaude en assez grande quantité, et c'est avec ce liquide qu'on remplit la case D du vase A de la figure ci-jointe.

A côté, le compartiment C séparé de D par une cloison poreuse B, est pourvu d'une solution très concentrée de chlorure de sodium, et finalement on procède à l'électrolyse en mettant l'anode en E, la cathode en F.

Dès le passage du courant, la solution de la case D, qui est jaune, commence à se décolorer; on maintient la fermeture du circuit pendant un temps convenable, et ce n'est que lorsque la liqueur est complètement incolore, qu'on peut arrêter l'action de la pile, car la solution de chlorure double d'aluminium et de sodium est obtenue. Mais cette solution est acide. Pour la rendre neutre, on



la fait évaporer de nouveau, on redissout le sel dans l'eau, et finalement c'est ce bain qui par l'électrolyse recouvrira d'une légère couche d'aluminium l'objet à plaquer pris comme cathode, si l'anode est une plaque d'aluminium.

181396. — RODOLPHE DE MONTGELAS (7 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LE PROCÉDÉ D'EXTRACTION DE L'ALUMINIUM, DE SES CHLORURES AINSI QUE DANS LES APPAREILS EMPLOYÉS A CET EFFET

Quand le comte de Montgelas veut seulement recouvrir d'aluminium quelques menus objets, nous venons de vous détailler les opérations auxquelles il se livre. Quand, au contraire, son but est d'extraire le métal du chlorure pour l'obtenir en lingot, il procède un peu différemment, mais d'une manière analogue.

Il commence par préparer, suivant la recette du brevet précédent, la solution de chlorure double de sodium et d'aluminium, avec laquelle il remplit la case D du vase A; dans le compartiment C il place un mélange de sel marin et de chlorure neutre double d'aluminium et de sodium, fondus en parties égales, de manière à faire un gâteau, cassé ensuite en morceaux, et finalement il ferme

le circuit d'une pile par l'intermédiaire d'une électrode G en charbon et d'une deuxième F en cuivre.

Peu à peu ainsi, un dépôt d'aluminium se fait sur la cathode, et dès que celui-ci a une épaisseur suffisante, M. de Montgelas le sépare de l'électrode pour le faire fondre dans un creuset avec un fondant tel que le chlorure de potassium pour obtenir une masse métallique homogène.

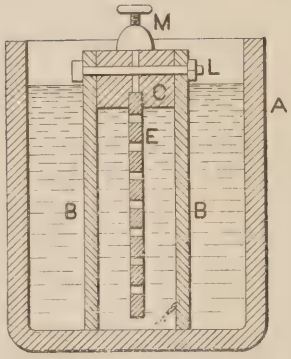
Comme variantes, on peut, au lieu de se servir de la plaque de charbon G, combiner celle-ci avec le chlorure. A cet effet, on mélange aux sels de la poudre de coke et on donne une consistance pâteuse au tout par l'addition de goudron.

Egalement, on peut remplacer l'électrode F par une électrode d'aluminium et, le dépôt fait, on fond le tout dans le creuset, comme nous l'avons expliqué.

181397. — RODOLPHE DE MONTGELAS (7 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES PILES ÉLECTRIQUES

Le 7 février de cette année fut décidément favorable au génie inventif de M. Montgelas. A cette date, en effet, vient s'ajouter aux deux précédents brevets ce brevet actuel, qui n'est autre que la continuation des précédents.

En effet, de même que Dieu, lorsqu'il eut fait le monde, pensa immédiatement à le peupler, de même, M. Montgelas, après avoir fait l'aluminium, chercha le moyen de créer une nouvelle utilisation de ce métal. Ce moyen, il



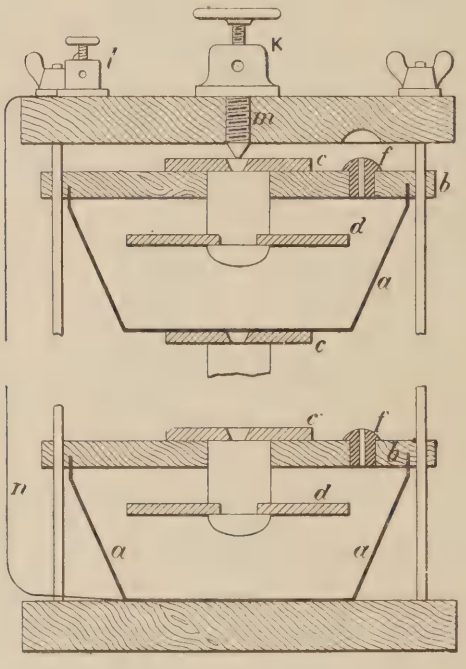
le trouva dans l'emploi pour les piles d'électrodes non attaquables.

Le dispositif ci-contre est donc celui qu'il imagine. A est un vase quelconque, B B' des plaques de zinc, C une traverse en bois, dans laquelle une rainure est pratiquée pour recevoir un plateau E en aluminium, percé de nombreux trous.

Ce plateau, par une tige perdue dans le bois, communique à la borne M et une pince à fourche, que ne représente pas le dessin, permet, en serrant la plaque BB', d'attacher un conducteur au deuxième pôle de la pile. Le liquide du vase est quelconque, de l'acide sulfurique étendu, par exemple, mais quant au boulon L qui fixe les plaques de zinc sur la traverse, celui-ci ne peut être qu'en *aluminium* : on n'a pas le choix.

181361. — SOCIÉTÉ BEISSBARTH, DE NUREMBERG (5 février 1887). — PILE CONSTANTE SECONDAIRE AUX ÉLÉMENTS FERMÉS HERMÉTIQUEMENT

La pile en question est représentée, ci-contre, en coupe verticale. Elle est formée par des coupes *a* en cuivre fer-



mées chacune à leur partie supérieure par une plaque *b* en bois ou en toute autre matière isolante. Chaque couvercle *b* supporte, comme on le voit, deux électrodes de zinc formées par des plaques *c* et *d* en zinc, réunies par un boulon. Un gougon perforé *f* est destiné à permettre la sortie du liquide et ensuite la sortie des gaz pendant le travail.

Les coupes et leurs couvercles sont empilés les uns sur les autres et reliés par des tringles de fer. Les prises de courant sont faites aux bornes *k* et *l*.

L'avantage de cette disposition est de permettre un transport facile puisque tout est hermétiquement clos, d'avoir une évaporation très faible du liquide et enfin de faire la charge sans avoir besoin de rien démonter. En effet, pour l'introduction du liquide, il n'y a qu'à enlever le goujon *f* de chaque couvercle et à verser la solution dans chaque coupe *a* en quantité suffisante, pour que les plaques *d* soient immergées comme il convient.

181418. — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX (8 février 1887). — SYSTÈME DE CONSTRUCTION, POSE ET ENTRETIEN DE TRAVERSES MÉTALLIQUES DE CHEMINS DE FER, PAR L'APPLICATION DE LA SOUDURE ET DE LA RIVURE ÉLECTRIQUES

Étant donné ce que nous avons dit dans l'exposé d'un brevet précédent, et ce qui a déjà été publié par le journal, on comprend de suite ce dont il s'agit.

Mieux que personne, en effet, la Société en question peut souder ou river aux traverses métalliques leurs plaques de stabilité, fixer à celle-ci par l'arc les coussinets des rails ou les rails eux-mêmes, quelle que soit la disposition employée.

Quant aux détails de l'opération, on les connait d'après ce que nous avons dit, et il est inutile d'insister. La rivure se fait, comme l'a expliqué le brevet n° 181409, et si celle-ci n'est pas jugée suffisante, on ajoute un trait de soudure sur les bords des surfaces en contact.

Comme le dit le titre, la pose et la construction des traverses se comprennent bien ainsi : quant à l'entretien, c'est moins clair. Nous admettrons, si vous le voulez, que les traverses s'entretiennent seules, tant est bien faite la soudure ou la rivure.

181468. — TIMMIS (10 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS DE CHEMINS DE FER

Autant que nous avons compris la mauvaise traduction française du brevet Timmis, voici le principe du système breveté.

Chaque wagon renferme sa pile, sa lampe, son circuit et son commutateur spécial, manœuvrable du dehors à la main et fermé lorsque le train est composé. En outre, dans un fourgon se trouve une pile spéciale actionnant un circuit général, dans lequel sont intercalés des commutateurs particuliers pouvant fermer ou ouvrir la conduite de chaque wagon.

L'organe principal de ce commutateur est un électro-aimant à armature mobile. En temps normal, le circuit du fourgon est fermé, chaque électro maintient son armature et dans chaque wagon les lampes sont éteintes par suite de l'ouverture du circuit de chacun d'eux. Quand, au contraire, la nuit arrivant ou le passage d'un long tunnel se présentant, l'employé du fourgon ouvre le circuit général, tous les électros lâchent leur armature, et les lampes s'allument partout.

On peut dire évidemment qu'il est dispendieux de maintenir toujours fermé le circuit de la pile du fourgon : c'est vrai, mais on peut répondre que sur les lignes où pendant le jour on est certain de n'avoir pas besoin de l'allumage, on peut tout bonnement ouvrir le commutateur extérieur de chaque voiture. C'est probablement ce qu'on fera si jamais le procédé Timmis est appliqué.

181460. — CHANER et RABAY (10 février 1887). — PLAQUES DE COMPOSITION POUR ACCUMULATEURS AVEC TISSU CONDUCTEUR

Le but de MM. Chaner et Rabay est actuellement d'accumuler la plus grande quantité d'électricité possible sur l'espace le plus restreint. A cet effet, ils ont imaginé des plaques spéciales. Celles-ci sont faites de la façon suivante :

Une plaque de plomb perforée de petites fentes de part en part, est étirée de manière à former un véritable canevas. A ces plaques sont soudées des tiges de plomb, qui permettent le groupage, et des deux côtés, une composition spéciale y est comprimée. Cette composition est pour les plaques positives formée de :

Quelques parties de minium
1 partie de poils de vache

et pour les plaques négatives :

Quelques parties de litharge pulvérisée
1 partie de poils de vache.

Le tout est malaxé avec de l'acide sulfurique à 6° et collé ensuite, comme nous l'avons dit, de chaque côté du canevas. Entre chaque plaque ainsi faite, une plaque isolante en caoutchouc est interposée et les trois ensemble sont roulées. Tous ces rouleaux sont ensuite mis dans un vase suffisamment grand renfermant un volume d'acide sulfurique égal au volume des rouleaux.

Après 24 heures d'attente, on arrose lentement le tout d'acide sulfurique à 5°, chauffé à 25° C. ; laissons entre chaque versement le bouillonnement se calmer, puis, enfin, deux heures après cette opération, on soutire l'acide qu'on remplace par un autre à 35° et l'accumulateur est prêt alors à entrer en service, car le bain d'acide chaud, a déterminé sur les plaques les croûtes dures qui donnent aux électrodes avec une grande surface une solidité suffisante.

P. CLEMENCEAU

(*A suivre*)

CORRESPONDANCE

Nous recevons de M. Menges de la Haye, la lettre suivante, au sujet d'un des appareils que nous avons décrit dernièrement.

La Haye, 4 août 1887

Monsieur,

Dans votre dernier article sur les appareils de mesure, vous avez décrit un électro-dynamomètre pour la mesure des forts courants, dans lequel la bobine mobile est en

dérivation sur la bobine fixe, de manière à ne faire passer qu'une faible partie du courant dans la bobine mobile, à laquelle on peut alors amener le courant par des conducteurs flexibles, évitant ainsi l'emploi et les inconvénients du mercure de l'électro-dynamomètre Siemens.

Permettez-moi de vous faire observer que la maison Bréguet a déjà construit en 1881, sur mes indications, des électro-dynamomètres pour la mesure des courants intenses arrangés de la façon indiquée. Deux de ces appareils étaient à l'Exposition d'électricité de 1881 (hors concours, voyez la seconde édition du catalogue). Mon arrangement d'électro-dynamomètre a été décrit dans l'Elektrotechnische Zeitschrifft, 1884, page 42, et dans une séance du « Koninklyk Instituut van Ingenieurs » à La Haye, au printemps de 1883 (voyez le journal de la Société), j'ai montré aussi des électro-dynamomètres construits sur le même principe, et indiquant directement le nombre d'ampères sans manipulation.

Des occupations très pressantes ne me permettent pas en ce moment d'entrer plus en détails à ce ssujet, mais je me propose d'y revenir prochainement.

Vous m'obligerez beaucoup en insérant cette lettre dans votre estimé journal.

Veuillez agréer, etc.

C. Menges

Nous n'avons pas vu les modèles de l'appareil de M. Menges, mais d'après la description donnée dans l'*Elektrotechnische Zeitschrifft*, qui est fort succinte, et ne se rapporte du reste qu'à son brevet (brevet allemand, n° 20628), il semblerait que le seul point commun avec l'électrodynamotre de M. Carpentier, soit le groupement des bobines en dérivation, celle de gros fil étant fixe.

Dans l'appareil de M. Menges, le courant est amené au cadre de fil fin, suspendu d'une manière indépendante par des conducteurs flexibles, et l'équilibre s'obtient par des poids mobiles.

Nous ne pensons pas du reste que M. Carpentier ait cru faire quelque chose d'absolument nouveau, mais s'il réussit, avec preuves à l'appui, à vaincre le préjugé qui s'attache à l'emploi d'électrodynamomètres montés en dérivation, et à fournir aux électriciens pour leurs mesures de courants alternatifs, des appareils, que l'application du simple fil de torsion rend éminemment pratiques, il aura rendu un service à l'industrie électrique, et nous n'aurons pas à regretter d'avoir fait connaître cet appareil aux lecteurs de *La Lumière Électrique*.

E. M.

FAITS DIVERS

Dans une communication faite au Congrès des Sociétés savantes, à la Sorbonne, M. Aimé a expliqué la gyration des aérostats par l'attraction électrique exercée sur eux, soit par les élévations du sol lorsque le ballon passe dans leur voisinage, soit par les nuages, soit par des points plus électrisés de l'atmosphère environnante.

Puisque l'on peut admettre que la tension électrique va en augmentant avec l'altitude, un ballon en s'élevant finit par avoir une charge considérable d'électricité positive.

Les particules de l'air exercent alors des répulsions dans tous les sens dont les effets s'annulent; mais si l'on métallise une des faces de l'aérostat, en la recouvrant par exemple de plombagine, et si on la relie à un fil métallique plongeant dans les parties inférieures de l'atmosphère, cette face laisse écouler son électricité positive et prend une charge à peu près égale d'électricité négative développée par influence.

Les deux faces du ballon ne sont plus dans les mêmes conditions, l'une est attirée et l'autre est repoussée, les effets ne se détruisent plus.

L'auteur a expérimenté son système au moyen de deux petits ballons lancés ensemble, dont les faces métallisées étaient constamment tournées vers deux points du ciel diamétralement opposés. Les influences électriques avaient, dans ces conditions, des effets inverses sur chacun des ballons.

Le dimanche 24 juillet dernier, des expériences intéressantes de projections électriques ont eu lieu à Versailles, à l'occasion de la fête de nuit organisée par la Société des fêtes versaillaises.

Le bassin de Latone, le tapis vert et le bassin d'Apollon étaient éclairés par deux projecteurs Mangin, métallisées par MM. Sautter-Lemonnier et C° au sommet du palais. Les deux faisceaux de lumière d'une concentratian remarquable formaient au-dessus des spectateurs groupés sur le terrain des sillages éclatants de blancheur, et inondaient ensuite de lumière le tapis vert, et les statues qui le bordent, pour éclairer enfin les jets d'eau du bassin d'Apollon.

De temps à autre les faisceaux se relevant découvraient jusqu'aux limites du parc, les rives du canal, et donnaient ainsi une idée de la portée de ces appareils.

Un troisième projecteur placé à une centaine de mètres du bassin d'Apollon, et sur le côté, projetait sur les jets d'eau des faisceaux alternativement blancs ou colorés.

Le peuple suisse a décidé par 189,000 voix contre 56,000, qu'il y avait lieu d'introduire dans la Constitution fédérale, une disposition attribuant au pouvoir

central le droit de légiférer sur la protection des inventions industrielles.

Comme on le sait, la Suisse était, avec la Hollande, le seul pays ne donnant aucune garantie aux inventeurs pour la propriété de leurs idées.

On annonce que l'usine importante de MM. Siemens, à Charlton, en Angleterre, sera prochainement fermée en grande partie; par suite des lois protectionnistes adoptées par le gouvernement allemand, la fabrication sera presque entièrement faite en Allemagne.

Il parait que la course à travers la Manche par deux bateaux électriques annoncée par les journaux anglais n'aura pas lieu.

Notre confrère *l'Electrical Review* de Londres annonce que le bateau muni des appareils de M. Elieson ne sera pas prêt. Son concurrent, le *Volta*, au contraire est tout à fait en état de partir. Il faut espérer que la course aura lieu l'année prochaine; car, ce serait une excellente occasion pour juger de la valeur de cette application de l'électricité.

La maison Woodhouse et Rawson de Londres vient d'être transférée à une Société par actions au capital de 5 millions de francs. M. Rawson restera à la tête de la nouvelle entreprise pendant cinq ans encore, en qualité de Directeur.

L'*Electrical Review de New-York*, nous apprend que M. Mezzito, demeurant à Achaguas, au Venezuela, prétend avoir réussi à utiliser l'électricité produite par des anguilles électriques, et qu'il s'en sert pour l'éclairage électrique de sa maison!?

M. Mezzito prétend selon notre confrère, que l'électricité perdue dans les fleuves du Nord de l'Amérique du Sud, suffirait pour l'éclairage électrique d'une ville comme Lyon. Après avoir fait ses études à l'Université de Heidelberg, M. Mezzito, commença dès son retour, des expériences avec les anguilles électriques qui ont donné des résultats suprenants, et après deux ans d'efforts et d'expériences il arrive, paraît-il, à construire une pile capable d'alimenter une petite lampe pendant plusieurs heures, et il a pu ensuite maintenir 8 lampes de 8 bougies pendant 3 mois.

Il a d'abor dessayé de placer un certain nombre d'anguilles dans un seul réservoir en caoutchouc bien isolé; mais il a plus tard abandonné ce procédé pour former une forte batterie, en reliant ensemble 50 éléments contenant chacun une ou plusieurs aiguilles.

Le résultat de cette nouvelle disposition était plus sasatisfaisant. L'inventeur se propose de breveter sa découverte, et d'en faire une communication à l'Institut de Franklin.

L'inventeur ne semble cependant pas se faire des illusions sur l'utilité pratique de sa pile, car, dit-il, ces anguilles ne se trouvent guère que dans les cours d'eau du Nord de l'Amérique du Sud.

La morte saison peut seule excuser une fantaisie de ce genre, mais notre confrère est en retard de trois mois, c'est le premier avril qu'il fallait nous poser cette anguille.

Éclairage Électrique

On annonce que l'hôtel du *Figaro* va être entièrement éclairé à la lumière électrique au moyen de 400 lampes à incandescence. La force motrice sera fournie par l'air comprimé.

Le 17 août prochain, à midi, aura lieu à la Bourse de Bruxelles, l'adjudication publique de l'éclairage électrique de la gare (partie sud) de Schaerbeck, et de Meinelbecke pour un terme de dix années.

Le nouvel hôpital militaire en construction à Ixelles, un des faubourgs de Bruxelles, sera éclairé à la lumière électrique. L'adjudication publique de cette entreprise aura lieu le 10 août prochain devant le commandant du génie de Bruxelles, rue Joseph II, n° 92.

On annonce que l'ingénieur de la Compagnie Julien de Bruxelles, vient d'inventer une nouvelle lampe à incandescence dont le filament serait composé d'une nouvelle matière qui donnerait lieu à une décharge électrique dans le globe rempli d'hydrogène, de manière à produire une auréole lumineuse.

Il paraît que la puissance lumineuse dépasse d'un tiers celle de la lampe Edison avec la même dépense d'énergie.

Des lampes à arc de 500 bougies chaque ont été placées dans les rues de Liège, à titre d'expérience. Le courant est fourni par une petite dynamo combinée avec une turbine installée au pied de chaque poteau de lampe. Le sysème étant assez coûteux, il est probable qu'il sera discontinué sous peu.

Notre confrère l'*Elettricita*, annonce que le système Zipernowsky-Deri donne de très bon résultats à Rome, de même que les nouveaux câbles concentriques. On installe actuellement deux dynamos de 4,000 lampes chacune, avec leurs moteurs d'une force de 600 chevaux chacun.

Le 17 juillet dernier, a eu lieu l'inauguration de l'éclairage électrique de la ville de Moncalieri, en Italie. L'installation comprend une usine centrale avec deux dynamos

Thury de 500 lampes chacune, actionnées par un moteur à vapeur de 50 chevaux ; une des dynamos servira de réserve et l'autre alimente 4 foyers à arc installés sur la piazza Naviglio, piazza Victor-Emmanuelo et piazza del Castillo, ainsi que 85 lampes à incandescence distribuées dans les différentes rues.

La Banque de l'Univers à Londres sera prochainement éclairée au moyen de 300 lampes à incandescence. La force motrice sera fournie par une machine à gaz Otto de neuf chevaux. L'installation sera faite par MM. Verity et fils.

Un photographe de Vienne, a fait à la lumière électrique deux épreuves photographiques de l'ancien palais de l'Exposition d'électricité de celle ville. Ce travail a permis de constater que la durée d'exposition des plaques sensibles a été 4000 fois plus grande qu'avec la lumière solaire.

La Compagnie Edison, de New-York, a décidé d'installer trois nouvelles stations centrales. Le terrain est déjà acheté, et la construction est commencée. Chaque station aura une capacité de 30,000 lampes.

Télégraphie et Téléphonie

La semaine dernière a eu lieu à Londres une réunion de 96 membres du Parlement anglais, dans le but de former une Association pour l'extension des communications postales et télégraphiques de l'Empire. Après avoir constaté l'insuffisance des communications télégraphiques existantes entre l'Angleterre et toutes les autres parties de l'Empire, la réunion a adopté les résolutions suivantes : la formation d'une commission parlementaire pour augmenter et étendre les relations postales et télégraphiques ; la commission se réunira de temps en temps pour délibérer sur les moyens à employer dans ce but.

On a beaucoup discuté au sujet des premières mesures à prendre et il y aura probablement bientôt une grande réunion publique. Le gouvernement sera invité à nommer une commission pour étudier la question.

Le jubilé des télégraphes, en Angleterre, a été célébré par un grand banquet de 240 couverts, le 27 juillet dernier, dans le restaurant de Holborn, à Londres. Des discours ont été prononcés par le directeur général des télégraphes, Sir W. Thomson, M. Pender, Sir Charles Bright, etc.

Le jubilé télégraphique a été célébré cette année non seulement en Angleterre, mais aussi en Allemagne. C'est en effet au mois de juillet 1837 qu'on a installé et fait fonctionner entre Munich et l'Observaioire de Bogenhausen, le premier télégraphe écrivant. Le professeur Steinheil de Munich, avait réussi à transformer un appareil de Gauss et de Weber en un système donnant des signaux imprimés directement sur une bande de papier mobile.

Un journal chinois de Tien-Tsin, le *Shih-pao*, annonce que la ligne télégraphique de Setchnan et du Yunnan, a été ouverte réunissant ainsi les provinces occidentales de l'Empire au réseau universel.

Les principaux bureaux télégraphiques des deux provinces ci-dessus sont à Wan-Sien, Chung-King, Lu-Chan, Cheng-Tu, etc.

Des expériences intéressantes ont eu lieu le 25 juillet, sur la la ligne téléphonique de Paris à Bruxelles, par la Compagnie des signaux magnétiques et communications téléphoniques.

Il s'agissait de faire résonner à Paris ou à Bruxelles une cloche de l'espèce de celles dites cloches allemandes, que l'on voit sur les chemins de fer où est installé le *Bloch system*, en la commandant à Bruxelles ou à Paris au moyen d'un appel magnétique du système Abdank.

Les expériences qui ont duré plus de deux heures ont parfaitement réussi.

Le journal anglais l'*Invention*, annonce que deux inventeurs de Munich, ont breveté un nouveau téléphone fort remarquable. Il s'agissait d'un appareil permettant de rapporter dfrectement les mots et phrases transmis sur un papier spécialement préparé.

Au lieu de se servir des lettres ordinaires, on emploierait un nouveau système d'écriture, basé sur les principes de la phonographie.

La ligne téléphonique directe entre Hambourg et Berlin vient d'être livrée au public. La distance qui sépare les deux villes est de 150 milles, et les appareils semblent fonctionner très bien.

Les dernières statistiques fixent le nombre total des abonnés au téléphone en Russie, à 5280, répartis sur 20 réseaux et dont 1100 à Saint-Pétersbourg seulement.

Il est question d'une reprise, par le Gouvernement australien, du réseau téléphonique de Melbourne, actuellement exploité par une société particulière, avec les transmetteurs Blake et les téléphones Bell.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 20 AOUT 1887 N° 34

SOMMAIRE. — Hydrométrographe automatique à distance ; E. Dieudonné. — La télégraphie sous-marine; E. Wunschendorff. — Le parafoudre Spalding et les appareils analogues antérieurs ; K...e.— La machine à disque de MM. Jehl et Rupp ; C. Rechniewski. — Les conducteurs souterrains de la société Berthoud, Borel et Cie ; A. Palaz. — Revue des travaux récents en électricité : De la distillation et du traitement électrolytique de l'écume de zinc, par B. Roesing.— Action du magnétisme sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés, par M. L. Boltzmann. — Influence de l'aimantation sur la conductibilité électrique des métaux, par M. Goldhammer. — Un nouveau sismomètre, par M. A. O. Moses. — Aperçu historique sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique, d'après M. Exner. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Variétés : Le procès Zipernowsky, Déri et Blathy contre MM. Gaulard et Gibbs ; J. Bourdin. — Brevets d'invention : P. Clemenceau. — Faits divers.

HYDROMÉTROGRAPHE

AUTOMATIQUE A DISTANCE

Notre journal s'est occupé, à diverses reprises, des instruments donnant électriquement des indications à distance (1).

Dans cet article, nous allons examiner les dispositifs d'appareils imaginés par M. Parenthou pour transmettre à distance les variations du niveau de l'eau dans un réservoir avec la condition de ne se servir entre les postes, que d'un seul conducteur déjà utilisé pour la correspondance télégraphique ou téléphonique. A Paris, le cas se présente pour le grandiose réservoir à double étage des eaux de la Vanne, à Montrouge, d'où part une ligne allant à l'Hôtel de Ville. De chacun de ces deux points irradient d'autres lignes télégraphiques qui empruntent comme parcours commun, le fil de Montrouge à l'Hôtel de Ville.

Le but à atteindre peut être déterminé, d'une façon générale, par le programme suivant:

« Traduire et enregistrer à distance. les indications d'un appareil mesureur quelconque, sans avoir besoin de recourir à une manipulation ».

L'ensemble de l'installation comporte un transmetteur automatique, une ligne et les appareils récepteurs: indicateurs et enregistreurs. Le transmetteur dont les figures 1 et 2 montrent les arrangements, se compose essentiellement d'un tambour sur lequel s'enroule une chaîne à une des extrémités de laquelle est suspendu un flotteur pourvu d'un contrepoids convenablement adapté.

Le tambour communique son mouvement alternatif de rotation, à un petit pignon que l'on voit sur la droite de la grande roue dentée (fig. 1). Le pignon est monté sur un axe sur lequel il est fou, mais seulement, pendant un quart de tour.

La disposition adoptée pour obtenir ce résultat, est très simple. Pour cela, deux petits goujons sont fixés aux extrémités d'un même diamètre du pignon. En regard de ce pignon et en avant, se trouve un disque muni de deux goujons identiques sur l'une de ses faces, tandis que, sur l'autre, il porte deux goupilles qui se meuvent dans les deux fenêtres circulaires pratiquées dans une barette métallique que l'on distingue à l'avant du disque.

L'axe de rotation de ces pièces est le même que celui du pignon, il porte à l'un de ses bouts

(1) *La Lumière Électrique*, vol. XI, p. 212 ; vol. XII, p. 463 ; vol. XVI p. 323 ; vol. XVII, p. 21 et 67 ; vol. XXII, p. 231.

une bague qui reçoit un petit tube de verre fermé contenant un certain poids de mercure. Le déplacement du mercure fait pivoter l'axe et tout le système monté sur lui.

Par suite de cette disposition, on comprend que le pignon pourra, dans une certaine position, entraîner le tube à mercure, quel que soit le sens de la rotation. Toutefois, il aura une certaine latitude d'oscillation dans un sens ou dans l'autre, puisque l'entraînement du tube n'est possible que

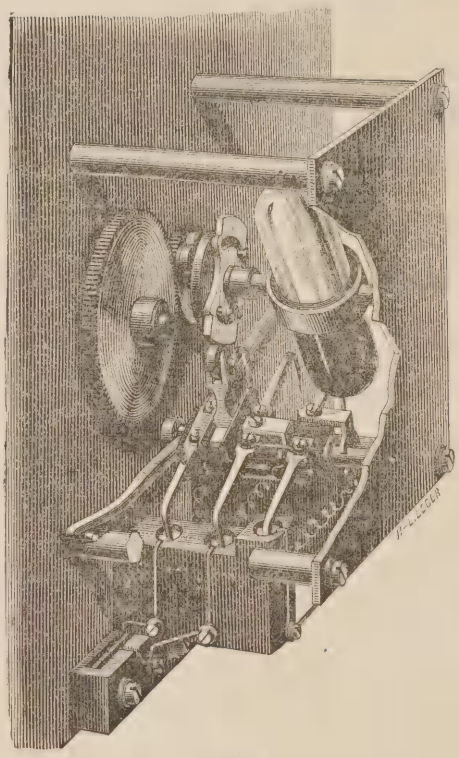


Fig. 1

lorsque, l'une ou l'autre des goupilles vient buter contre l'extrémité de la fenêtre de la barette.

A cet instant, le tube participe au mouvement du pignon pendant un quart de révolution seulement, car aussitôt qu'il occupe la position horizontale, le mercure se déplace dans la bouteille, la fait basculer et la demi révolution s'achève alors. C'est à ce moment précis que s'opère le contact qui envoie un courant sur la ligne. En effet, la partie inférieure de la barette ajourée vient frotter contre un galet placé en-dessous d'elle dans une fourche calée sur un axe qni porte tout l'équipage des trois leviers à pointes de pla-platine plongeant dans des godets à mercure isolés, et le force à s'incliner dans le sens convenable.

Deux contrepoids constitués par des tiges métalliques, situés de part et d'autre de l'axe obligent les leviers de contact, à reprendre la situation horizontale qui est la position normale où aucun signal n'est émis.

Le jeu de cet appareil est d'une complexité plus apparente que réelle.

Remarquons en passant, que l'électricité n'a

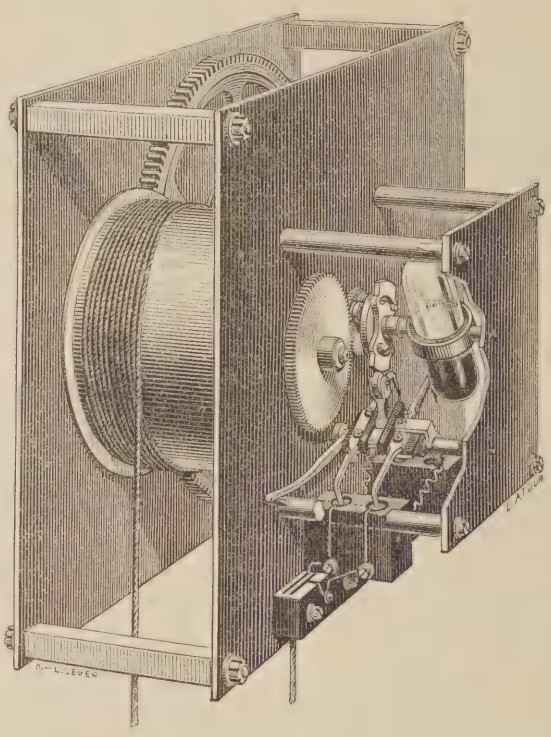


Fig. 2

aucun effort à vaincre dans l'établissement des contacts. Pas de frottement, rien que le mouvement facile et assuré des pointes de platine dans le mercure. Au point de vue d'un bon fonctionnement, dans les diverses conditions pratiques souvent désavantageuses ; c'est un fait très important à noter.

Pour que le service se fasse avec une seule ligne, il a fallu l'adjonction d'un relais doublement polarisé avec une pile locale. Il est représenté par la figure 3.

Il est d'une très grande simplicité vu qu'il a l'avantage, avec une seule bobine, de pouvoir se substituer à deux relais polarisés ordinaires.

Le courant arrive de la ligne par la borne L, parcourt la bobine B pour se rendre à la borne T en communication à la terre ou à la ligne. L'âme de cette bobine est constituée par deux demi cylindres de fer doux suspendus à deux lames de ressort.

Les deux demi cylindres sont prolongés par deux petites palettes qui viennent se caler contre deux vis pourvues d'une pointe isolante de façon que la palette de devant soit, par exemple, butée à gauche et celle de derrière à droite.

Dans le prolongement de chacune de ces deux vis isolantes s'en trouvent deux autres à contact en platine situé en face d'un autre contact fixé sur la palette. Ces deux vis sont en relation avec les bornes A_1 A_1 isolées de la masse.

Les parties hémicylindriques de fer doux sont polarisées par le voisinage de l'aimant D avec épanouissements polaires N et S.

Qu'est-ce qui se produit sous l'influence du passage d'un courant dans la bobine B ?

Nous verrons tout à l'heure en étudiant le diagramme de l'ensemble des communications, le dispositif permettant au transmetteur d'envoyer des courants positifs ou négatifs.

Si, par exemple, le courant émis est positif, son effet, en traversant la bobine du relai, forcera la palette correspondant au demi-cylindre de fer doux polarisé à prendre contact sur la vis placée sur l'équerre isolée A et le courant de la pile locale qui communique à la masse par la borne M fera fonctionner l'électro-aimant, celui de hausse ou de baisse, qui lui est affecté.

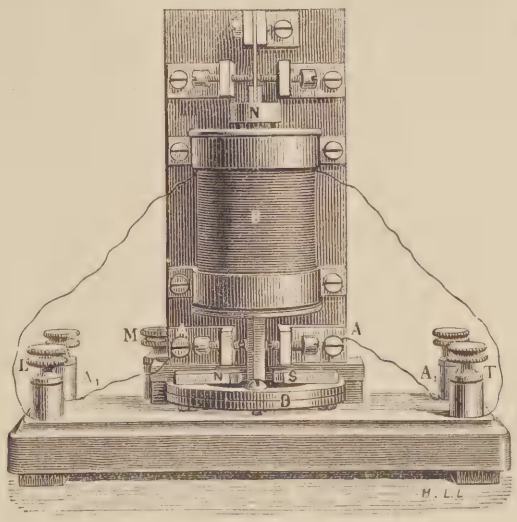


Fig. 3

Les deux demi-cylindres sont polarisés dans le même sens, par conséquent, ils doivent fonctionner simultanément dans la même direction. C'est on ne peut plus exact. Mais tandis que l'une des plaques établira une communication métallique sur la vis de butée, l'autre plaque sera arrêtée par la pointe isolante de la deuxième vis placée du même côté.

Un courant de sens contraire inversera toutes les conditions de fonctionnement et actionnera le second poste récepteur.

Dans l'espèce, les postes récepteurs sont placés derrière le cadran indicateur de la figure 4. Ce sont de simples électro-aimants dont les armatures respectives actionnent, par l'intermédiaire d'un système d'encliquetage, des roues dentées qui suivent ainsi et accusent par l'aiguille du cadran les mouvements d'ascension et de descente du niveau d'eau dans le réservoir.

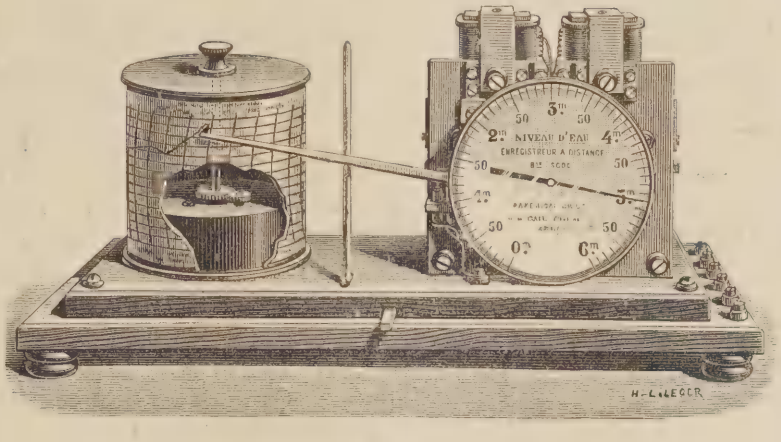


Fig. 4

L'enregistrement se fait parallèlement à l'indication.

La simple inspection de la figure 4 en offre le dispositif d'ensemble.

Nous serons sobres de détails de construction afin de ne pas trop développer cet article ; mais c'est avec regret, car il y en a dans ces instru-

ments quelques-uns qui sont dignes de fixer la sérieuse attention des spécialistes.

Comme complément de l'installation, il existe, en outre, à l'Hôtel de Ville, un système de deux électro-aimants indiqué dans la figure 5.

Celui du dessus est tel qu'il obéit instantanément à l'action des courants de la plus courte durée, c'est-à-dire de ceux émis par le transmetteur automatique du poste de départ. Pour cette raison, on le désigne sous le nom de relais sensible.

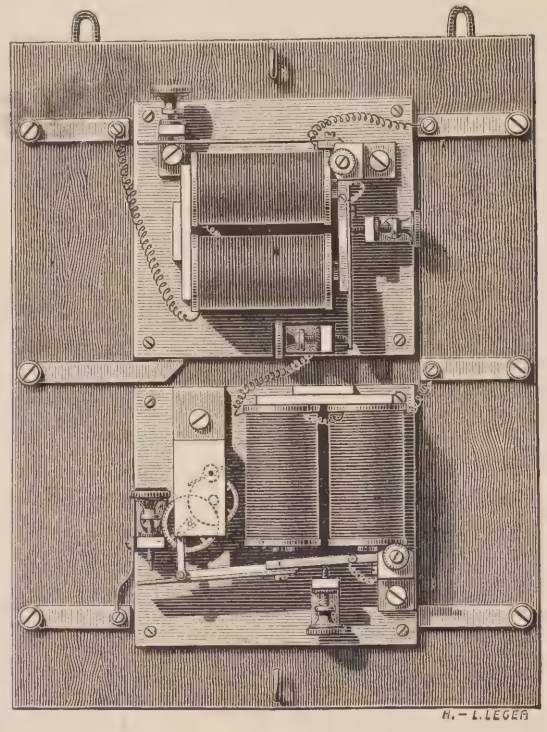


Fig. 5

Le second, le relais paresseux, demande un certain temps de passage du courant pour fonctionner et permettre à son armature de fermer le circuit de la pile et de la sonnerie locales (fig. 6). A cet effet, l'armature agit à l'aide de bielles et de roues dentées sur un petit régulateur à ailettes qui s'oppose à son mouvement rapide.

Par conséquent, cet électro-aimant n'agira que sous l'influence de courants de durée plus ou moins longue, tels que ceux qu'émet le manipulateur des télégraphes. Il est donc destiné à recevoir l'appel de sonnerie de la communication télégraphique ou téléphonique et son signal sera l'ordre de manœuvre de l'interrupteur I pour le mettre sur télégraphe ou sur téléphone (fig. 6).

Nous possédons maintenant très sommairement décrits le transmetteur et les appareils récepteurs.

Pour étudier la marche du service, examinons le dessin schématique de la figure 6.

A gauche, le transmetteur automatique de Montrouge, à droite, les récepteurs des bureaux de l'Hôtel de Ville.

Il y a aux deux postes terminus des appareils télégraphiques non indiqués sur le dessin, sauf pour l'Hôtel de Ville où la silhouette d'un téléphone Bell est esquissée.

Disons, au préalable, que le nombre d'éléments de la pile qui dessert le transmetteur est toujours au moins triple de celui de la pile du télégraphe. De plus, la résistance du relais doublement polarisé est déterminée de telle façon qu'il ne soit sensible qu'aux courants émis par la pile du transmetteur automatique et tout à fait insensible à ceux émanant de la pile du télégraphe.

Dans ces conditions, le courant de l'indicateur du niveau d'eau, prédominera toujours sur la ligne, par son intensité, quels que soient le sens et la direction des courants qui la sillonnent.

A l'état normal, l'équipage des leviers du transmetteur est horizontal, les tiges de platine du levier *c d* plonge dans les deux godets *a* et *b*. La ligne est conséquemment ininterrompue depuis les appareils télégraphiques du poste. Elle suit le trajet L *c a l b d* L L I R S T. La transmission télégraphique est possible.

Supposons que le niveau de l'eau dans le réservoir change et que le jeu des appareils détermine l'inclinaison des leviers vers la droite. A partir de cet instant et pendant cet instant seulement, la ligne L est coupée en *a* car le levier *c d* est construit en deux parties séparées en *e* par de l'ébonite. Un courant négatif émanant de la pile du transmetteur suivra le chemin indiqué par les lettres *b' h* L, traversera le relais qui actionnera, comme nous l'avons expliqué plus haut, l'un des électro-aimants M ou N donnant une indication, continuera sa route par L I R S pour se rendre à la terre T. Le pôle positif de la pile sera mis à la terre par *a' l'' b'' g* T. Le circuit est donc fermé.

Au passage du courant en R S, l'armature fermera le circuit de la pile locale sur l'électro R P. L'armature de ce dernier commencera à se mettre en mouvement, mais avant qu'elle ait pu rencontrer sa vis de butée, le courant sera rompu en R S et consécutivement en R P. Il en résulte que

l'armature de celui-ci n'accomplira pas sa course entière et, par conséquent, ne fera pas vibrer la sonnerie d'appel S des appareils télégraphiques.

Si les variations de niveau amènent l'inclinaison des leviers dans le sens contraire, il est facile de comprendre que tous les mouvements sont accomplis dans l'ordre inverse au premier cas. Alors, ce sera le courant positif qui parcourra la ligne et le courant négatif sera mis à la terre.

Il ne faudrait pas croire que les variations qui

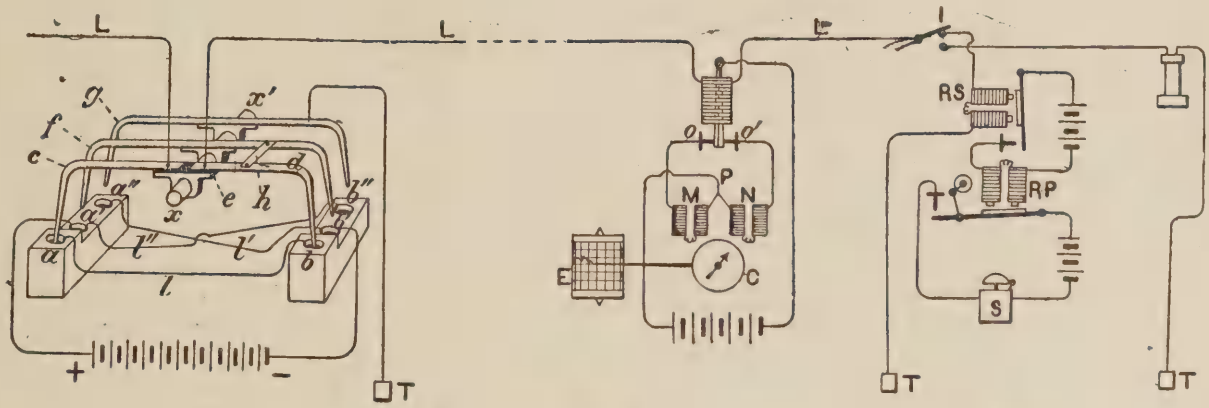


Fig 6

se produisent dans le réservoir sont à chaque instant transmises. Non. A Montrouge, il n'y a que les différences de deux en deux centimètres qui soient signalées. Dans d'autres cas, on n'enregistre que des différences de cinq en cinq ou de dix en dix centimètres suivant la superficie du réservoir.

La figure 7 représente schématiquement l'installation de la ville de Nangis.

Le transmetteur marque la position du réservoir placé dans un endroit complètement isolé sur une colline, à quatre kilomètres de distance de la ville à gauche et à dix kilomètres de l'usine de refoulement à droite.

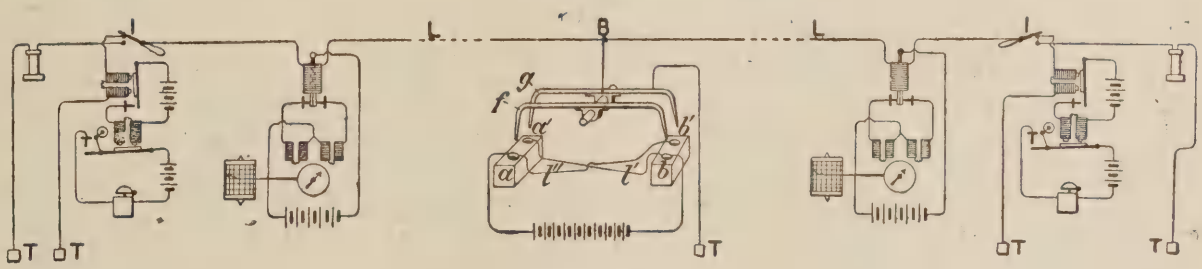


Fig. 7

Les appareils récepteurs sont installés aux deux extrémités de la ligne d'où l'on peut télégraphier sans passer par l'appareil transmetteur du réservoir, le circuit étant ouvert à la terre en ce point lorsque le système des leviers est horizontal. Alors, il n'y a pas d'indication transmise.

Mais si l'instrument oscille soit d'un côté soit de l'autre ; les phénomènes que nous avons exposés tout à l'heure s'accomplissent de la même manière. Au point B, la ligne se bifurque et les signaux se manifestent à la fois dans les appareils récepteurs des points *terminus*.

Comme appareils accessoires de ceux que nous nous sommes efforcé de décrire le plus succintement et le plus clairement possible, il nous reste à mentionner les sonneries de trop plein et de

manque d'eau, les manomètres décelant la pression et par conséquent les ruptures occasionnées dans les conduites de distribution etc. etc. qui apportent leur concours efficace à la sécurité et à l'économie d'un service aussi important que l'est celui qui a pour mission d'alimenter d'eau les grandes comme les petites villes.

E. Dieudonné

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION

DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

β. — *Machine à recouvrir de gutta-percha*

La gutta employée pour le revêtement des conducteurs en cuivre, est généralement un mélange de diverses guttas choisies, les unes d'après leurs propriétés physiques, les autres d'après leurs qualités électriques, et prises dans des proportions telles que le mélange satisfâsse aux conditions spécifiées par l'acquéreur du câble. Les plaques de gutta, convenablement ramollies, sont d'abord introduites dans un masticateur (fig. 62), afin de rendre la pâte bien homogène. Celle-ci est portée ensuite dans des cylindres verticaux ou horizontaux, accouplés deux à deux et dans lesquels se meuvent des pistons (fig. 66) : les tiges de ces pistons sont filetées sur une très grande longueur et reçoivent, à l'aide d'un jeu d'engrenages, un mouvement de translation très lent, et inverse l'un de l'autre, c'est-à-dire tel que lorsque l'un des pistons s'avance vers le fond du cylindre, l'autre remonte dans le sens opposé et *vice versâ*. Les fonds des deux cylindres communiquent, par deux conduits, avec une boîte à large section qui est percée en A de trous dans lesquels on engage des filières de dimension convenable, et en B de trous exactement en regard des précédents, et qui reçoivent des filières du calibre immédiatement inférieur. Des vannes permettent d'intercepter la communication entre chaque cylindre et la boîte : on peut ainsi recharger de gutta le cylindre vide, pendant que le second continue à alimenter les filières, sans interrompre un seul instant l'opération. Un courant de vapeur circule dans une double enveloppe des cylindres, de manière à maintenir suffisamment fluide la gutta-percha qu'ils renferment.

Les torons en cuivre que l'on veut recouvrir de gutta, au nombre de cinq ou six généralement, sont enroulés sur des bobines dont les axes reposent sur des tourillons que supporte un grand cadre en fonte légèrement incliné. Ils traversent un peigne métallique qui leur donne une direction bien parallèle, et passent au-dessus de becs de gaz qui brûlent les matières organiques déposées à leur surface et les disposent ainsi à mieux adhérer à l'enveloppe isolante qui doit les recouvrir. Ces torons pénètrent ensuite dans une petite caisse en fer contenant de la composition Chatterton qu'un courant de vapeur, circulant dans une enveloppe extérieure maintient bien fluide; ils en sortent par des filières d'un diamètre très légèrement supérieur à leur propre diamètre, de manière à ne pouvoir se charger que d'une quantité de composition extrêmement minime. Enfin, ils arrivent dans la boîte à gutta et, sous l'action de la pression du piston, emportent une quantité de cette matière suffisante pour les recouvrir d'une couche dont l'épaisseur est déterminée par le diamètre même des filières. L'excès de gutta et les bulles d'air qui peuvent se trouver dans le cylindre s'échappent à travers un petit orifice dont on règle l'ouverture à l'aide d'un robinet manœuvré à la main; la gutta est recueillie dans un vase placé au-dessous.

Les fils de cuivre ainsi recouverts une première fois de gutta traversent de longues auges remplies d'eau bien pure et dont la température doit être très constante dans toutes les saisons : de l'eau de puits à 12° où 13° convient parfaitement pour cet objet. La gutta se refroidit et prend de la consistance; les fils passent entre deux cylindres formant laminoir et recouverts de caoutchouc, pour éviter que la gutta, pressée contre une surface dure, puisse être endommagée, et enfin s'enroulent sur de grandes bobines. Pour obtenir un en-

[1] Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* à partir du 2 juillet 1887.

roulement régulier, chaque fil passe entre deux guides verticaux portés par un écrou qui se déplace le long d'une vis à deux filets contraires, et dont l'axe est parallèle à celui de la bobine. Les courroies qui transmettent le mouvement sont en gutta, légèrement extensibles par conséquent, de sorte qu'aucune traction nuisible aux fils ne peut être exercée sur eux.

L'alimentation de la filière à gutta-percha et l'enroulement automatique des fils recouverts sur les bobines se font quelquefois d'une façon un peu différente.

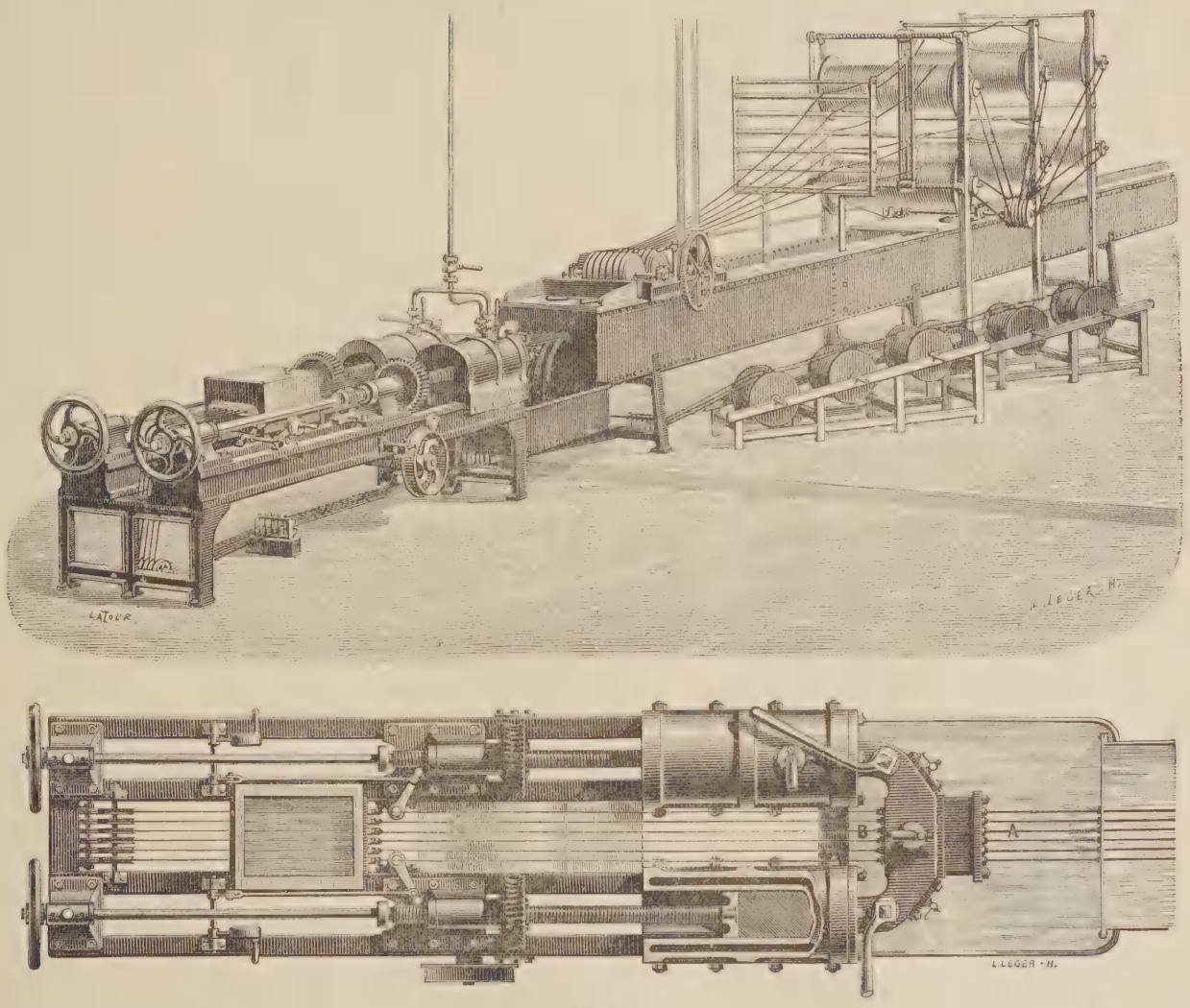


Fig. 66

L'appareil qui remplace la presse à deux cylindres se compose (fig. 67 et 68) d'un laminoir AB, dont l'un des cylindres B, monté sur le même axe que la roue dentée C, reçoit le mouvement de l'arbre de couche par l'intermédiaire d'une série d'engrenages; l'autre cylindre A peut être rapproché plus ou moins de B au moyen de deux vis F, F qui commandent son axe. La gutta est versée à l'état fluide dans une trémie au-dessus du laminoir A B et descend par l'effet de son laminage dans un tube vertical G H qui est greffé à angle droit sur un tube horizontal K S. Celui-ci est ajusté en S sur le réservoir à filières L et contient une petite vis d'Archimède mue par la roue dentée O. La gutta se trouve ainsi refoulée vers le réservoir L: l'excédent de la matière s'écoule par le robinet de trop plein M. Les tubes *ab*, *cd*, *ef*, *gh* sont des tubes de vapeur qui chauffent les

deux premiers, les cylindres du laminoir; les deux autres, l'enveloppe du réservoir L.

Le second appareil d'enroulement automatique des fils recouverts se compose (fig. 69) d'un châssis

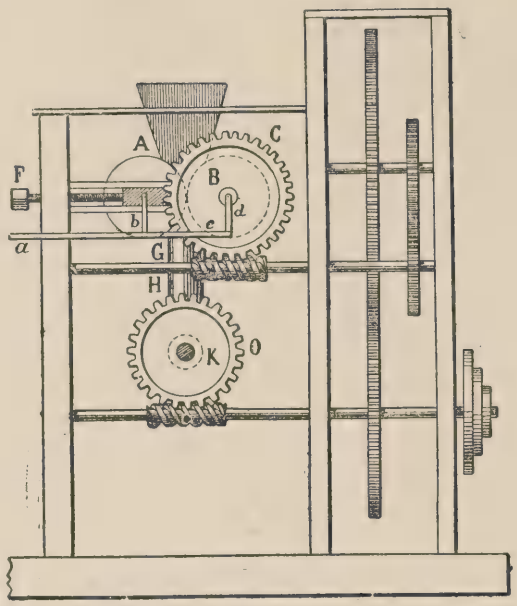


Fig. 67

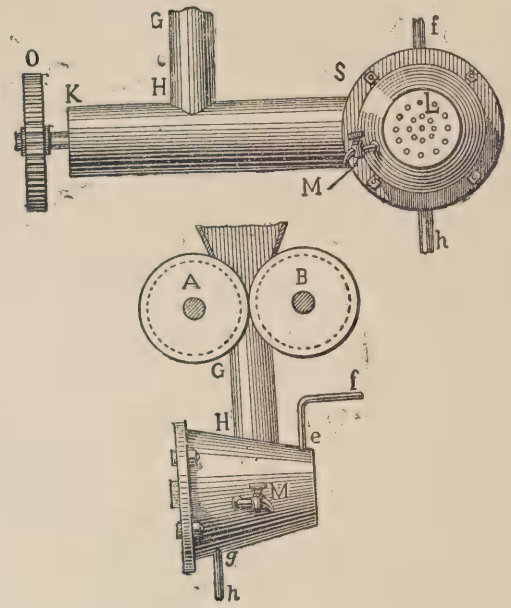


Fig. 68

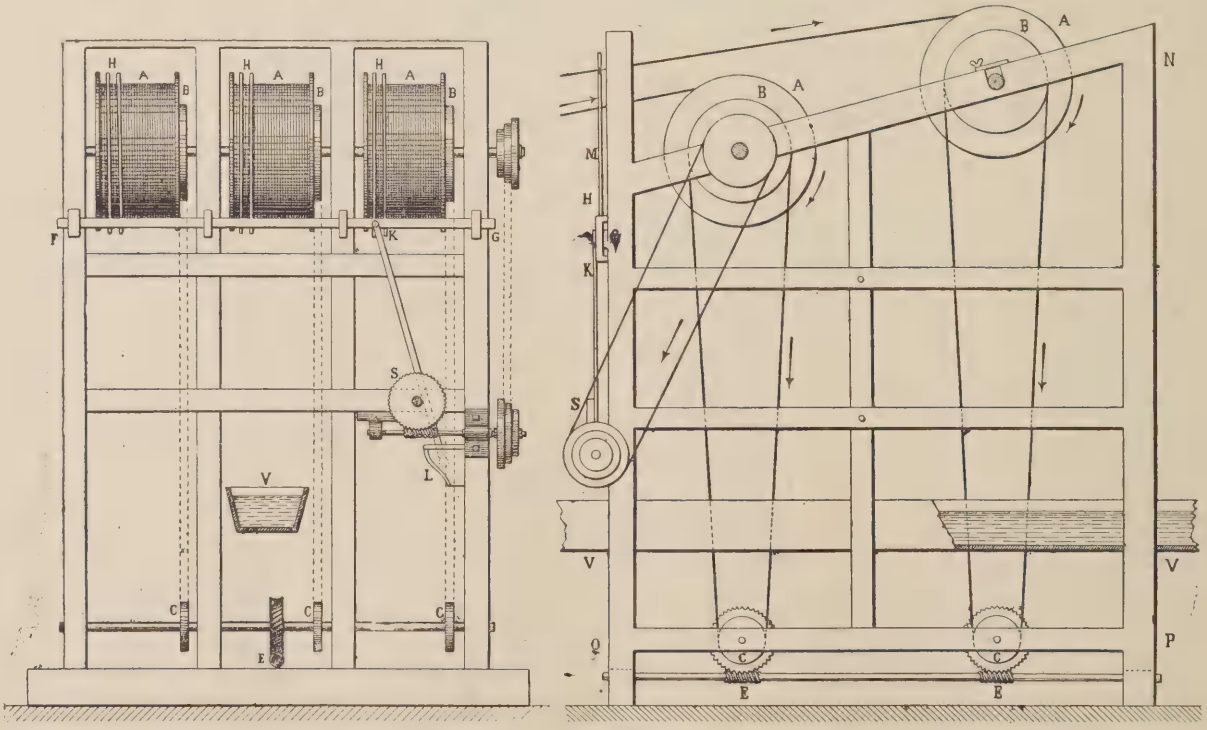


Fig. 69

en bois M N P Q, à l'intérieur duquel les bobines A sont disposées sur deux rangs. L'axe qui traverse chaque bobine porte une poulie B reliée par une courroie sans fin B C à une autre poulie

C ; toutes les poulies C sont placées sur deux axes commandés par un arbre E, E qui règne sous le réservoir à eau V et qui porte deux vis sans fin. Pour donner aux fils, en même temps qu'ils s'enroulent, le déplacement nécessaire dans le sens de l'axe des bobines, on fait passer chacun d'eux

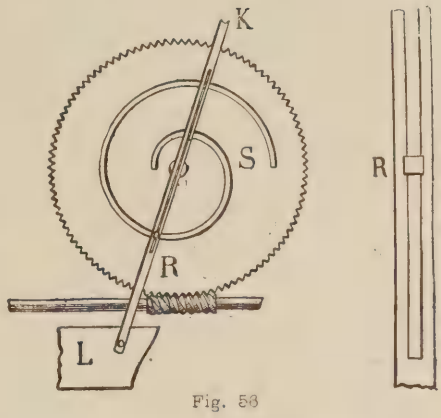


Fig. 58

dans une paire de montants directeurs H portés par une tige horizontale F G. Cette tige reçoit un mouvement de translation dans le sens de sa longueur au moyen du levier LK (fig. 70), mobile autour d'un point fixe L convenablement choisi. Le long du levier, peut se déplacer une virole R qui se trouve engagée en même temps dans une rainure en forme de spirale creusée sur un disque S. Ce disque, commandé par la première des bobines A, force, en tournant, la virole R à suivre tous les contours de la rainure spiraliforme ; le mouvement de translation de la tringle F G se trouve ainsi, non-seulement rendu alternatif, mais ralenti au fur et à mesure que le diamètre des couches augmente sur les bobines.

Les fils sont transportés ensuite dans une chambre spéciale où on les enroule sur d'autres bobines ; un ouvrier les fait glisser dans ses mains et s'assure qu'il n'existe à leur surface aucune fissure. Il répare les défauts en chauffant légèrement la gutta avec une lampe à esprit de bois et pétrissant la matière entre ses doigts.

Les fils reconnus en bon état ou réparés, le cas échéant, sont recouverts de la même manière de deux autres couches de gutta ; on se borne à changer les filières, à travers lesquelles on fait passer les fils, dans les boîtes à Chatterton et à gutta. On procède aux mêmes vérifications et réparations après l'application de chaque couche de gutta.

Les âmes dont la fabrication est terminée, sont mesurées et pesées. Le poids du toron de cuivre étant déjà connu par une pesée antérieure, on en déduit celui des longueurs de cuivre non recouvert aux deux extrémités, et on obtient, par un calcul facile, les poids de cuivre et de gutta de l'âme qui est enroulée sur chaque bobine.

On donne un numéro d'ordre à chacune d'elles et on inscrit les résultats obtenus sur un carnet conforme au modèle ci-dessous.

BOBINES D'AMES

Longueurs et poids de cuivre et de gutta-percha

MODÈLE N° 1

Dates de la fabrication	Numéros d'ordre des bobines	Longueur des âmes		Poids du cuivre		Poids de la gutta-percha		Poids de l'âme		Diamètres en millimètres		Log $\frac{D}{d}$	Observations
		en mètres	en milles marins	total	p. mille marin	total	p. mille marin	total	p. mille marin	du conducteur en cuivre d	de l'âme D		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Signature :

On plonge les bobines dans une cuve contenant de l'eau que l'on maintient à une température de 24° C., à l'aide de courants de vapeur qui circulent dans des tuyaux ou dans un double fond. Au bout de quinze jours, on procède aux essais électriques et on en consigne les résultats sur de nouveaux carnets dont nous donnerons les modèles dans la quatrième partie de cet ouvrage [1].

[1] Dans quelques usines on fait maintenant, en outre, des essais à des températures comprises entre 5 et 10° C., l'isolement élevé de la gutta-percha à ces températures permettant de découvrir plus facilement les fautes très légères.

Les bobines sont conservées ensuite sous l'eau et à l'abri de la lumière, jusqu'au moment de leur emploi.

Lorsqu'on veut en réunir un certain nombre pour les recouvrir d'enveloppes protectrices extérieures et en former un câble, à mesure qu'une bobine est engagée dans la machinerie, on en soude une autre à l'extrémité de la première, suivant les méthodes qui seront exposées plus loin. Cette précaution est nécessaire afin de laisser toujours à la machine une avance de deux milles environ, une soudure ne pouvant être essayée dans de bonnes conditions que vingt-quatre heures au moins après sa confection. On essaie chaque soudure avec des instruments très délicats et on lui donne un numéro d'ordre. Les résultats de ces essais sont encore portés sur un carnet dont nous donnerons également le modèle plus tard. L'ordre dans lequel sont assemblées les bobines, leurs longueurs et les poids des matières qui constituent les âmes, sont inscrits enfin sur un registre du type ci-dessous.

Câble de..... à.....

Bobines employées, longueurs et poids du conducteur et de la gutta-percha

MODÈLE N° 2

Dates	Numéros des bobines	Longueurs				Longueurs totales en circuit en milles marins	Poids par bobines			Numéro d'ordre des soudures	Observations
		primitives des bobines en milles marins	retranchées		en circuit en milles marins		du cuivre	de la gutta-percha	de l'âme		
			après la 1re soudure	après la 2e soudure							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Signature :

Un homme suit durant toute la fabrication les différentes soudures de l'âme, et les marque sur chaque enveloppe. Lorsque le câble est recouvert de la dernière couche de composition bitumineuse, la position du joint est indiquée par un morceau de cuir ou de gutta-percha que l'homme attache au câble par un bout de bitord, et qui a reçu à l'emporte-pièce le numéro du joint. D'autres morceaux de gutta ou de cuir, portant une série distincte de numéros, sont attachés, en outre, au câble à chaque mille marin marqué par le compteur de la machine. Les positions de toutes ces marques dans chaque couche et les numéros des couches correspondantes sont également relevées et notées. Il est ainsi toujours facile de retrouver une soudure et d'y couper le câble, dans le cas où une faute viendrait à se déclarer.

On a généralement renoncé à soumettre les âmes après leur fabrication, à des essais sous pression, à l'aide de l'appareil de Reid. D'une part on peut éviter aujourd'hui, par une fabrication soignée, les bulles d'air qui restaient enfermées entre les différents brins du conducteur central; d'autre part, ainsi qu'il résulte de l'expérience suivante, faite par M. W. Smith, la pression, loin de faire découvrir les défauts, tend au contraire à les rendre moins apparents. Une pièce fautive de câble, soumise à des pressions croissantes, donna les isolements indiqués ci-après :

1	atmosphère	49	megohms par mille
17,5	—	51	—
35	—	53	—
52,5	—	54	—
70	—	55	—
87,5	—	57	—
105	—	58	—
122,5	—	58	—
140	—	63	—
157,5	—	64	—
175	—	90	—
183,5	—	115	—

Toute la pression ayant été enlevée brusquement, l'isolement s'éleva à 178 Ω, puis tomba lentement pour revenir à 49 Ω au bout de dix-sept heures seulement. En diminuant la pression progressivement, l'isolement augmenta graduellement jusqu'à ce que la pression eût entièrement

disparu ; il commença alors à baisser immédiatement après.

Gutta-percha perfectionnée de W. Smith

M. W. Smith soumet la gutta à un traitement particulier qui paraît être de nature à en favoriser l'oxydation, si l'on en juge d'après le nom de *gutta surchauffée* qu'on donne parfois à cette substance : le diélectrique des câbles de l'*Eastern telegraph C°* en est presque exclusivement formé.

La résistance d'isolement de la gutta perfectionnée de W. Smith, après une minute d'électrification et à la température de 0° C., est sensiblement la même que celle de la gutta ordinaire. Si l'on fait passer pendant longtemps le courant à cette même température, la résistance d'isolement de la gutta perfectionnée n'est plus que les 72/100 environ de celle de la gutta ordinaire, prise dans les mêmes conditions.

A la température de 24° C., cette résistance, après une minute d'électrification, est représentée approximativement par la formule

$$R = 350 \log \frac{D}{d} \text{ megohms}$$

elle est donc inférieure de plus de moitié alors à celle de la gutta-percha ordinaire.

La résistance R_t de la gutta de W. Smith, après une minute d'électrification, à une température t inférieure à 24°, est exprimée, en fonction de sa résistance à cette température R_{24} par la relation

$$\log R_t = \log R_{24} + (0{,}06447 - 0{,}00017\, t)(24 - t)$$

On obtient des résultats plus précis à l'aide de la table [1] suivante déduite entièrement de données fournies par l'expérience.

Résistance relative (après une minute d'électrification), à différentes températures, de la gutta-percha perfectionnée de Willoughby Smith, pour des âmes dans lesquelles l'épaisseur de la gutta-percha ne dépasse pas 2,79 m.m.

Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance	Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance	Température		Résistance relative	Logarithme de la résistance
Fah.	Cent.			Fah.	Cent.			Fah.	Cent.		
32	0,0	27,913	.,445807	55	12,7	4,704	.,672467	78	25,5	0,8240	.,915927
33	0,5	25,834	.,412192	56	13,3	4,354	.,638888	79	26,1	0,7725	.,887890
34	1,1	23,91	.,378580	57	13,8	4,029	.,605197	80	26,6	0,7242	.,859859
35	1,6	22,128	.,344942	58	14,4	3,729	.,571592	81	27,2	0,6789	.,831806
36	2,2	20,48	.,311330	59	15,0	3,451	.,537945	82	27,7	0,6365	.,803798
37	2,7	18,954	.,277701	60	15,5	3,194	.,504335	83	28,3	0,5967	,775756
38	3,3	17,542	.,244079	61	16,1	2,956	.,470704	84	28,8	0,5594	.,747723
39	3,8	16,235	.,210452	62	16,6	2,736	.,437116	85	29,4	0,5245	.,719746
40	4,4	15,025	.,176815	63	17,2	2,532	.,403464	86	30,0	0,4917	.,691700
41	5,0	13,906	.,143202	64	17,7	2,343	.,369772	87	30,5	0,4609	.,663607
42	5,5	12,87	.,109579	65	18,3	2,169	.,336260	88	31,1	0,4321	.,635584
43	6,1	11,911	.,075948	66	18,8	2,007	.,302547	89	31,6	0,4051	.,607562
44	6,6	11,024	.,042339	67	19,4	1,858	.,269046	90	32,2	0,3798	.,579555
45	7,2	10,203	.,008728	68	20,0	1,719	.,235276	91	32,7	0,3561	.,551572
46	7,7	9,442	.,975064	69	20,5	1,591	.,201670	92	33,3	0,3338	.,523486
47	8,3	8,739	.,941462	70	21,1	1,473	.,168203	93	33,8	0,3130	.,495544
48	8,8	8,088	.,907841	71	21,6	1,363	.,134496	94	34,4	0,2934	.,467460
49	9,4	7,485	.,874192	72	22,2	1,261	.,100715	95	35,0	0,2751	.,439491
50	10,0	6,928	.,840608	73	22,7	1,167	.,067071	96	35,5	0,2579	.,411451
51	10,5	6,412	.,806994	74	23,3	1,080	.,033424	97	36,1	0,2417	.,383277
52	11,1	5,934	.,773348	75	23,8	1,000	.,000000	98	36,6	0,2266	.,355260
53	11,6	5,492	.,739731	76	24,4	0,9375	.,971971	99	37,2	0,2125	.,327359
54	12,2	5,083	.,706120	77	25,0	0,8789	.,943940	100	37,7	0,1992	.,299289

La capacité inductive par mille marin est approximativement

$$C = \frac{0{,}15163}{\log \frac{D}{d}} \text{ microfarads}$$

elle est donc plus faible de 1/5 environ, que celle de la gutta ordinaire. Sa résistance mécanique à la traction est au contraire supérieure de 12 o/o environ à celle de la gutta ordinaire.

[1] J, Munro's and A. Jamieson's Rules and tables, 1885.

B. — CAOUTCHOUC

L'importation du caoutchouc en Europe remonte aux premières années du XVIIIe siècle.

La Condamine, lors de sa mission au Pérou, en 1735, fit connaître le premier que cette substance est le produit de la dessication d'un suc laiteux qui s'écoule d'incisions pratiquées dans certaines espèces d'arbres : les indigènes recueillent ce suc dans des vases en terre ayant la forme de bouteilles qu'ils brisent lorsque le suc est solidifié.

Le caoutchouc le plus estimé provient de l'Amérique centrale et est connu sous le nom de *Caoutchouc de Para ;* il est produit par l'*Hevea guyanensis* (fig. 71) et par le *Castilloa elastica* et est livré par le commerce sous forme de pains (1).

Dans les plaines qu'arrosent l'Amazone et ses affluents, dans l'Amérique du sud, on trouve de grandes quantités de *Siphonia elastica*, appartenant à la famille des Euphorbiacées, qui donnent également un caoutchouc d'excellente qualité. Les autres espèces principales d'arbres à caoutchouc sont le *Ficus elastica* qui croît dans l'Inde anglaise et l'*Urceola elastica* que l'on rencontre dans les îles de Bornéo et de Sumatra : cette dernière variété atteint en cinq ans une hauteur de 68 mètres et fournit, par arbre chaque année, de 25 à 30 kilogrammes de caoutchouc. Le caoutchouc de Mozambique est le moins recherché : il est enroulé par les indigènes sur de petits morceaux de bois et se présente sous la forme de fuseaux. A l'inverse de ce qui se pratique pour la gutta-percha, on se borne à entailler, sans les abattre, les arbres à caoutchouc et à placer sous chaque incision un récipient destiné à recueillir le suc qui s'en écoule (fig. 72) : on en obtient environ un litre, par arbre, dans une matinée.

Fig. 71

Le caoutchouc est une substance de couleur grisâtre, tenace, très élastique, d'une densité un

(1) La quantité de caoutchouc qui a été importée de la province de Para, en 1877, s'est élevée à 7340 tonnes.

peu inférieure à celle de l'eau 0,92 environ. Chauffé à 75 ou 80°, il devient visqueux et fond à la température de 120°, en dégageant une odeur caractéristique ; à une température plus élevée, il brûle avec une flamme très brillante. Une fois fondu, il ne reprend plus, en se refroidissant,

Fig. 72

son état primitif et reste mou et gluant. Aussi ne peut-on pas le travailler de la même manière que la gutta-percha, pour le mouler ou l'appliquer à l'état pâteux, sur les fils conducteurs. Le caoutchouc jouit de la propriété de se souder à lui même, lorsque l'on presse l'une contre l'autre deux surfaces fraichement coupées.

La proportion d'eau qu'absorbe le caoutchouc est plus grande que celle qu'absorbe la gutta-percha ; l'augmentation de poids, pour des plaques

au bout de 300 jours d'immersion, est de 10 à 25 o/o dans l'eau douce et de 3 o/o dans l'eau salée ; une plaque de gutta n'absorbe que 1,5 o/o d'eau douce et 1 o/o d'eau salée. Le caoutchouc est en outre un peu soluble dans l'eau, ainsi que le prouve la surface poisseuse des plaques que l'on a laissé séjourner pendant quelque temps dans l'eau. Le caoutchouc qui a subi le travail de la mastication est soluble dans l'éther, la benzine, l'huile de naphte, le sulfure de carbone, et insoluble dans l'alcool : les acides étendus et les alcalis, même concentrés, ne l'attaquent ni à la température ordinaire, ni à une température plus élevée. Le caoutchouc pur est, comme la gutta-percha, un simple carbure d'hydrogène ; celui que l'on trouve dans le commerce contient en outre de la résine, de l'eau et des cendres.

Comme la gutta-percha, le caoutchouc, exposé à l'air et à la lumière, se combine avec l'oxygène, en se transformant en une résine blanchâtre ; cette altération est accélérée par les alternatives de sécheresse et d'humidité et se développe plus rapidement dans le produit manufacturé que dans le produit brut.

On prépare le caoutchouc en coupant les pains que livre le commerce en morceaux très minces, à l'aide d'un disque à bords tranchants, animé d'un mouvement de rotation très rapide. Ces fragments lavés et purifiés à l'eau froide, sont portés ensuite successivement entre des laminoirs unis et cannelés où ils sont mastiqués et constamment arrosés par un filet d'eau froide ; on obtient ainsi une pâte que l'on étire en une feuille de l'épaisseur voulue. Cette feuille est étendue sur une toile que l'on enroule sur elle-même, de manière à soustraire le caoutchouc au contact de l'air et à l'empêcher de se souder à lui-même.

On a reproché à la mastication de développer l'oxydation dans le caoutchouc, probablement en augmentant la porosité de la substance et la quantité d'air emprisonnée. Aussi les tranches de caoutchouc, lavées et purifiées, sont exposées quelquefois à une haute température sèche, de manière à faire évaporer toute l'humidité qu'elles contiennent. On les place alors sous une presse hydraulique qui en forme un bloc solide, qu'un couteau animé d'un double mouvement, l'un de va-et-vient parallèle à sa longueur et très rapide, l'autre perpendiculaire à la direction précédente et excessivement lent, débite en une feuille égale et continue de caoutchouc pur et naturel.

La mastication modifie, en outre, profondément les propriétés physiques et chimiques du caoutchouc ; elle lui fait perdre une grande partie de son élasticité et de sa ténacité et le rend entièrement soluble à froid dans les huiles minérales telles que la benzine, le naphte, etc. Le caoutchouc de Para brut, plongé dans ces liquides, se gonfle seulement, en conservant sa forme antérieure ; l'augmentation de volume peut atteindre jusqu'à cent fois le volume primitif [1].

(A suivre) E. Wunschendorff

LE PARAFOUDRE SPALDING

ET LES

APPAREILS ANALOGUES ANTÉRIEURS

Les parafoudres employés en télégraphie servent, comme on le sait, à protéger les appareils contre les effets de l'électricité atmosphérique ; dans la classe la plus répandue de ces instruments, ils coupent la communication qui relie à la terre les appareils télégraphiques, dès qu'il se produit une décharge dont l'intensité pourrait être dangereuse.

Pour rompre ce circuit, on peut utiliser le développement de chaleur produit par le courant électrique ou bien des attractions électrostatiques ou électromagnétiques.

On peut d'après ceci diviser cette classe principale de parafoudres en deux groupes secondaires ; les premiers instruments de chacun de ces groupes ont été inventés en 1846, l'un en France par Bréguet et l'autre en Amérique par Reid, et il est assez curieux que deux parafoudres appartenant à l'autre classe principale aient été construits précisément à la même époque par Steinheil en Allemagne et Highton en Angleterre.

La plupart des parafoudres employés généralement sur les lignes télégraphiques appartiennent à la fois à l'une et à l'autre classe ; et c'est également le cas pour le nouvel appareil qui a été inventé par M. *Henry Curtis Spalding* de Boston,

[1] *Journal of the Society of Arts* 1880. *Cantor lectures by* Thomas Bolas.

et breveté dernièrement en Angleterre (n° 11574, 29 septembre 1885, sealed 12 octobre 1886) et en Allemagne [1] (n° 37748, 30 septembre 1885).

Nous nous proposons d'en donner une courte description et de faire voir en quoi les perfectionnements et les particularités de cet appareil le rendent supérieur à ceux utilisés jusqu'à présent.

M. *H. C. Spalding* cherche à l'aide de son « *appareil de sûreté pour lignes électriques* », à protéger d'une « *manière plus parfaite que ne le font les instruments analogues employés actuellement* » un circuit électrique et les appareils qu'il renferme, contre les dérangements et les effets destructeurs causés par un courant passager d'une intensité extraordinaire.

La nécessité de la protection de la ligne elle-même résulte de l'emploi de câbles souterrains ou sous-marins dont l'isolation pourrait être détruite par des courants trop intenses.

Dès qu'il s'agit de se protéger contre des phé-

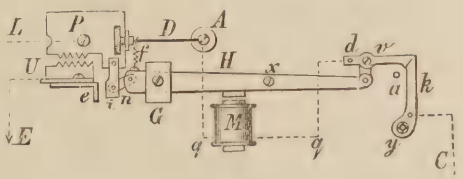


Fig. 1

nomènes naturels tels que la foudre, on donne à l'appareil la disposition de la figure 1.

Celui-ci se compose, comme du reste beaucoup d'instruments analogues, d'un parafoudre à lamelles dentées PU, et d'un fil fusible D, et la nouveauté du système consiste dans leur groupement, et les accessoires qui y ont été ajoutés.

Le fil de ligne L s'attache à la plaque supérieure P du parafoudre, et l'autre plaque U communique avec la terre en E; le fil fusible D part de P et est relié à une vis A. L'armature H de l'électro-aimant M est faite de substance isolante, elle est mobile autour du point *x* et son extrémité actionne le levier de contact *v* pivoté en *d*; dans la position d'équilibre de H, un bras métallique *k*, tendu par un ressort, s'appuie sur le bout du levier *v*. L'autre bras du levier H supporte un poids mobile G et son extrémité est reliée au bout du fil D par le ressort *f*. Le point d'attache de *f* sur D est très voisin de la plaque P du parafoudre; la tension de ce ressort se règle par le poids G.

Une pièce de contact *i*, pouvant osciller autour de son point de suspension, est reliée à l'armature H par la bielle *n*; vis à vis d'elle se trouve un autre contact *e* fixé à la partie inférieure U du parafoudre. Ces deux pièces se trouvent ordinairement à une certaine distance l'une de l'autre et ne viennent en contact que lorsque l'armature H s'est abaissée d'une certaine quantité, ce qui a lieu dès que l'électro-aimant M est excité ou que le ressort *f* cesse d'être soutenu par le fil D.

Le levier *k* est relié à la ligne C (souterraine) que l'on veut protéger et l'électro-aimant M est intercalé entre *d* et A.

Dans les conditions ordinaires, un courant venant de L se rend directement au fil C, mais si son intensité est très forte, il cherchera à gagner la terre par le parafoudre P U. En outre, le fil D sera fondu ou, s'il résiste à ce courant, l'électro-aimant sera suffisamment excité pour que son armature H déjà chargée du poids G puisse surmonter la tension du ressort *f*. Dans *l'un et l'autre cas*, le contact s'établira entre *e* et *i* et le courant électrique se rendra à la terre par le plus court chemin qui sera P *i e* E.

Le fil de ligne C ne subira ainsi aucun dommage, car l'armature H, en élevant le levier *v* qui tourne autour de l'axe *d*, rompt toute communication avec le bras *k*; celui-ci obéissant à l'action d'un ressort, vient s'appuyer sur l'arrêt *a*.

Cette décharge directe à la terre, diminue la violence du courant, et ramène celui-ci à son intensité normale; mais, si le fil D est fondu, le circuit L C se trouve définitivement rompu, car le contact *e i* met le circuit L directement en communication avec la terre E.

Si le fil D n'a pas été fondu par la décharge, l'armature H revient à sa position d'équilibre indiquée à la figure 1, dès que l'intensité du courant est suffisamment diminuée, et le levier remettra le bras *k* dans sa position normale, en l'éloignant de l'arrêt *a*.

Lorsqu'on veut utiliser cet appareil, pour se protéger de courants artificiels intenses plus ou moins prolongés, on doit lui faire subir quelques modifications; le levier *v* est remplacé par une pièce métallique fixée sur le prolongement de H, et sur laquelle s'appuie le bras *k*; H porte, en outre, un doigt qui vient se placer entre H et *a*, dès que l'armature s'élève, et qui empêche le

[1] Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1887, p. 42; *Centralblatt fuer Elektrotechnik*, 1887, p. 153.

contact de se rétablir automatiquement, lorsque l'électro-aimant M cesse d'être excité.

On est alors obligé de le déplacer à la main pour pouvoir remettre toutes les pièces en fonction. Le circuit L C demeure ainsi interrompu, jusqu'à ce que cette opération soit faite, ce qui est peut-être un avantage, quand, par exemple, l'intensité anormale du courant est dûe à un contact accidentel.

Nous ne décrirons pas ici les appareils analogues qu'on emploie pour mettre automatiquement, hors de circuit des lampes à arc ou à incandescence, mais nous donnerons quelques détails sur plusieurs parafoudres antérieurs de même espèce pour lignes télégraphiques.

F. P. Shaffner écrit dans son manuel de télégraphie (p. 567) publié à New-York en 1859, que

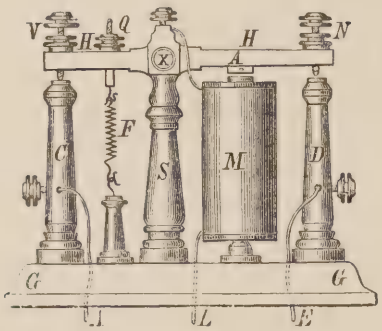


Fig. 2

James D. Reid de Philadelphie, inventa un parafoudre, en 1846, pour empêcher les dérangements fréquents et les dommages causés par la foudre aux appareils télégraphiques ; cet instrument fonctionna très bien, et l'inventeur reçut une médaille d'argent décernée par l'Institut de Franklin à Philadelphie.

Ce parafoudre est représenté figure 2. Deux colonnes de laiton C et D, distantes de 152 millimètres, sont placées sur une plaque de bois G. l'une C, est reliée au fil A qui conduit aux appareils, l'autre D, à la terre E par un fil de forte dimension, qui sert de conducteur à la foudre.

Une colonne intermédiaire S supporte le levier H, pivoté en X ; il est muni à chacune de ses extrémités de vis V et N, arrangées de manière que l'une d'elles touche toujours la colonne correspondante C ou D.

Le ressort F maintient l'armature dans la position indiquée dans la figure ; sa tension, règlée au moyen de la vis Q est assez forte pour qu'il surmonte le poids de l'autre bras de H, ainsi que l'attraction de l'électro-aimant M dans les circonstances ordinaires.

Cet électro-aimant ne contient que 16 spires de gros fil isolé à la soie ou au coton ; il est relié à l'armature H et au fil de ligne L. Lorsque le levier H est dans sa position de repos (fig. 2), la vis V reposant sur la colonne C, les appareils télégraphiques se trouvent dans le circuit L.

Dès qu'une décharge d'électricité atmosphérique a lieu en L, l'électro-aimant M est parcouru par un fort courant, son fer doux acquiert instantanément un magnétisme si intense, que la tension du ressort F est surmontée ; le contact V, C est rompu et remplacé par celui de la vis N et de la colonne D ; le circuit conduisant aux appareils est coupé et l'électricité peut, pendant un temps assez court, s'échapper directement à la terre par le chemin NDE.

Dès que la décharge s'est dissipée, le ressort F ramène l'armature dans sa position d'équilibre. On voit que, de même dans la position de repos du levier H, l'électricité peut s'écouler à la terre, s'il se produit une étincelle entre N et D.

Ce parafoudre a été employé dans bien des occasions et il fut une fois présenté à un Comité de l'Institut de Franklin, pendant un violent orage. Il était à craindre que l'électro-aimant n'agît trop tard, à cause de la grande vitesse de l'électricité, mais, en pratique, l'appareil a toujours fonctionné régulièrement.

Shaffner raconte qu'à l'Exposition de 1846, au musée chinois, on avait ajouté à ce parafoudre, deux spirales de fil très fin, plongeant dans de l'eau légèrement acidulée et placées l'une en L, entre la ligne et l'électro-aimant, l'autre en A près des appareils de télégraphie ; on espérait que le courant intense produit par la foudre détruirait ces fils, et décomposerait l'eau.

Un parafoudre, analogue à celui de Reid, et n'en différant que par des contacts à ressort, a été exposé dans la section russe de l'Exposition de Vienne, par le Dr Robert Robertowich Wreden de Saint-Pétersbourg.

Le parafoudre breveté par Perley P. Belt à Colombus, (Kansas), et décrit en 1886 dans le *Scientific American* (vol. 54 p. 291) paraît n'être qu'un appareil Reid double.

Le *Telegraphic Journal* (1878 vol. 6, p. 490 décrit enfin un parafoudre inventé par *J. Rymer*

Jones, ingénieur électricien des lignes télégraphiques impériales du Japon. Celui-ci est basé sur l'attraction de disques métalliques, chargés d'électricité.

Le levier H_1H_2 (fig. 3) est formé d'une tige de cuivre et porte deux disques a_1, a_2, qui présentent sur une de leurs faces une série de pointes ; vis à vis d'eux, sont deux plaques semblables b_1, b_2 qu'on peut fixer par des vis c_1, c_2 à une hauteur convenable. Le levier H oscille aisément autour du point X ; il est monté entre pointes.

n_1 et n_2 sont deux godets remplis de mercure et formés de tubes à réaction renversés et dont le fond a été chauffé, puis percé d'une ouverture convenable. Les extrémités recourbées du levier H plongent dans ces godets ; l'une H_2 atteint le fond de n_2 tandis que l'autre ne touche pas le niveau du mercure dans la position d'équilibre du levier. Les vases n_1, n_2 sont ouverts à la partie in-

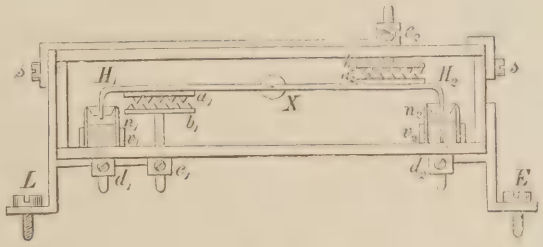


Fig. 3

férieure et mastiqués dans des cuvettes de cuivre v_1, v_2. Cette disposition empêche toute perte de mercure et permet de placer ces vases à la hauteur voulue à l'aide des vis d_1 et d_2, les parois en verre de l'appareil permettant de voir le niveau du mercure. On peut ôter le couvercle et le disque b_2 après avoir enlevé les vis s et s.

Les disques b_1, b_2 et le mercure de n_1 sont reliés entr'eux par la vis L au fil de ligne, tandis que le levier H_1 H_2 et les disques a_1, a_2 et le vase n_2 communiquent à la terre E. Dès qu'une décharge d'électricité atmosphérique a lieu sur le fil de ligne, les disques b_1 et b_2 s'électrisent, agissent par influence sur a_1, a_2 et les attirent. Ce rapprochement facilite la décharge par la terre ; celle-ci s'effectue complétement dès que les plaques opposées sont en contact par les pointes, puis lorsque H_1 plonge dans le mercure n_1. La décharge terminée, le levier revient à sa position première. L'emploi du mercure empêche la fusion des plaques, ce qui n'a pas lieu pour les autres parafoudres.

Il est bon de mentionner en outre, que tous les parafoudres et même les plus anciens offrent la particularité suivante : dès qu'une forte décharge a fondu le fil fusible, le circuit est mis en communication permanente avec la terre, ou bien, d'autres fils fusibles viennent successivement et automatiquement remplacer ceux qui ont été mis hors d'usage.

Plusieurs de ces appareils établissent la communication avec la terre d'une manière analogue à ce que nous avons vu dans le système de Spalding, par l'intermédiaire de pièces de contact i et e qui se rapprochent après la fusion de D (fig. 1) [1]. Des parafoudres à remplacement automatique des fils fusibles, ont été exposés à Paris en 1881 et à Vienne en 1883, en assez grand nombre, et MM. Siemens et Halske en avaient déjà envoyé un exemplaire à l'Exposition de Vienne en 1873.

K... E

LA

MACHINE A DISQUE

DE

MM. JEHL ET RUPP

Les machines à disque sont caractérisées par la disposition des bobines de l'induit sur un disque tournant entre les pôles de sens contraire des électro-aimants fixes.

Les machines à disques, sont en général multipolaires et c'est un de leurs côtés faibles ; en effet, leur entrefer considérable exige une grande dépense d'excitation pour le champ magnétique, et plus celui-ci sera divisé en un grand nombre d'électro-aimants, plus grande sera la dépense.

Dans leur nouvelle machine, brevetée par la

(1) *Journal Télégraphique*, vol. III, p. 663, 688, 712, 728 ; vol. IV, p. 375, vol. VI p. 191. *Journal of the Society of Telegraph Engineers* vol. V, p. 358, 377.

Compagnie Édison [1], M. Jehl et Rupp, emploient quatre champs magnétiques alternativement de sens contraire.

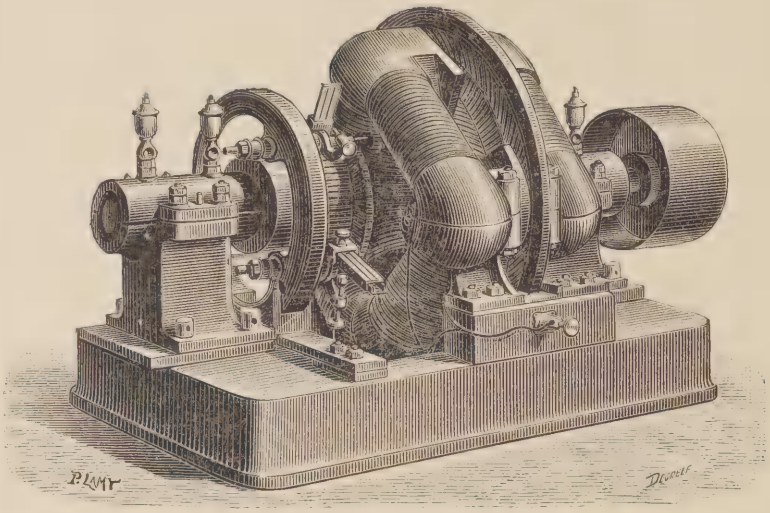
La figure 2 montre en projection parallèlement à l'axe, les quatre champs N S N S et les électro-aimants.

La vue générale de la machine est donnée par la figure 1.

Les bobines de l'induit peuvent être, comme nous l'avons déjà vu dans un article précédent, (*La Lumière Électrique*, vol. XXIV, p. 513), disposées de différentes manières pour utiliser ces champs magnétiques.

Les figures 3, 4, 5 et 6 montrent les dispositions proposées par les inventeurs.

Dans la figure 4, les lames opposées du collecteur sont reliées entre elles, de sorte qu'il suffit de deux paires de balais, tandis qu'il en faut quatre dans la fig. 3, où les lames opposées ne sont pas reliées entre elles; dans ces deux cas, le courant a toujours quatre chemins pour



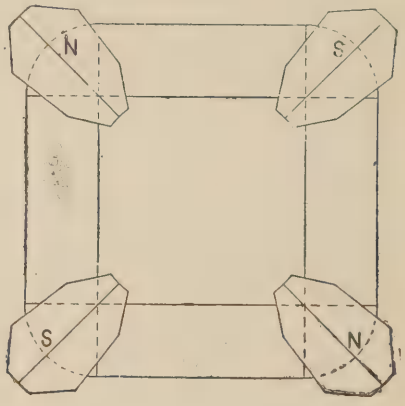


Fig. 1 et 2

traverser l'induit; les bobines opposées sont alors groupées en quantité, mais on peut les disposer aussi en série, ce qui double la différence de potentiel aux bornes; la figure 5 représente une disposition de ce genre, dans laquelle nous avons un nombre impair de bobines.

La figure 6 indique une autre disposition qui peut être employée; cette disposition donne lieu a des jonctions symétriques, lorsque le nombre total des bobines peut être divisé par le nombre de paires de pôles mais non par le nombre de pôles; c'est-à-dire, qu'il faut pour cela que le nombre de bobines soit impair par paire de pôles.

Nous avons décrit une disposition analogue dans un article précédent (*La Lumière Électrique*, p. 515, vol. XXIV).

La réalisation pratique de ces schema, c'est-à-dire la construction de l'induit, n'est pas sans offrir d'assez grandes difficultés mécaniques, comme l'on peut s'en convaincre facilement. Elle a été résolue d'une manière fort élégante par les auteurs. Chaque spire est formée d'un ruban de cuivre d'une forme spéciale, découpé dans de la tôle et plié suivant un gabarit.

La figure 7 montre un de ces rubans tel qu'il

[1] Brevet n° 178936 (*La Lumière Électrique*, v. XXIV, p. 343). Les détails de construction, et l'illustration de la machine Jehl et Rupp, sont empruntés à un article paru dans *The Electrician* (10 juin et 22 juillet 1887).

vient d'être découpé, les entailles de gauche serviront à maintenir la spire en place au moyen de deux brides, lorsqu'elle sera fixée sur l'induit; le

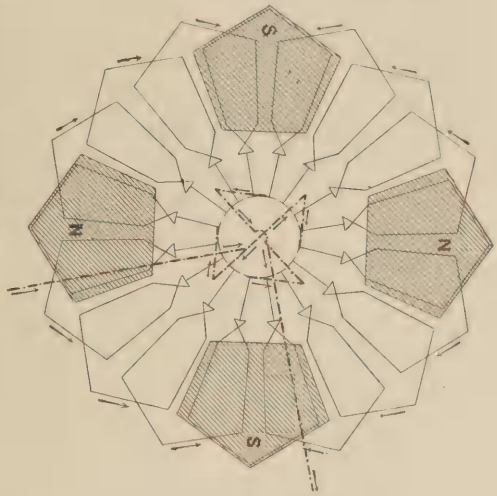


Fig. 3

ruban est ensuite plié suivant le gabarit qui lui donne la forme de la figure 8, de manière à ce

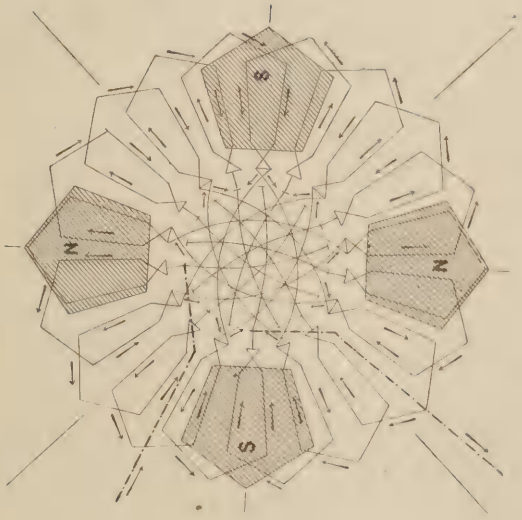


Fig. 4

que chaque branche reste dans son plan; les deux branches de la spire restent libres : appelons celle de gauche le commencement et celle de droite la fin de la spire ; la forme communiquée par le gabarit à la spire est telle que, lorsque les spires sont à leur place, le commencement d'une des spires vient se placer à côté de la fin de la

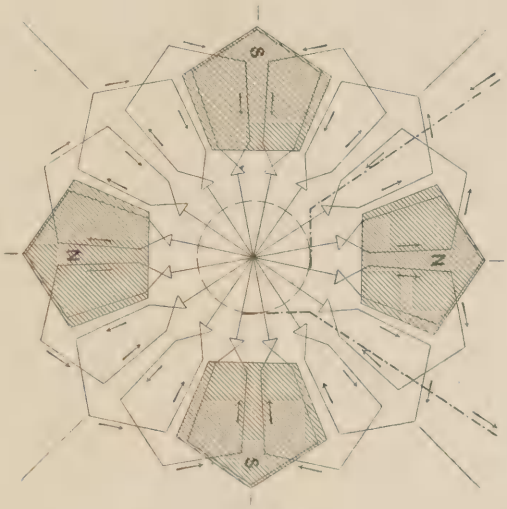


Fig. 5

spire précédente et la fin de la spire à côté du commencement de la suivante. On réunit la fin

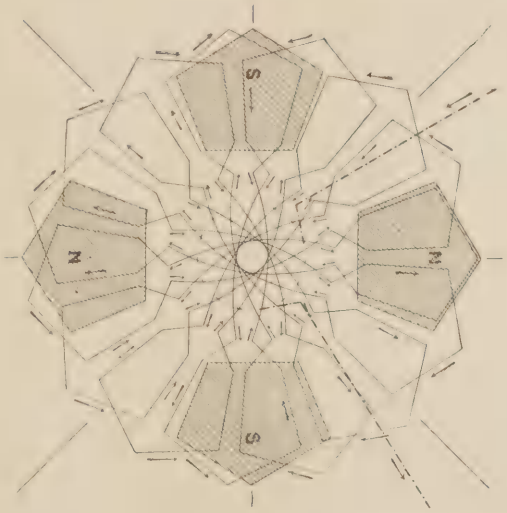


Fig. 6

et le commencement de deux spires consécutives, au moyen d'un petit chapeau *a* représenté sur la figure 8, et en soude on peut ainsi former un circuit continu réalisant les différents groupements.

Tous les fils montants des spires (ceux de gauche par exemple) se trouvent dans un plan et tous les fils descendants (ceux de droite) dans un autre situé derrière le premier, de sorte qu'il n'y a jamais d'intersection de fils (fig. 9).

Pour éviter les nombreuses soudures, on pourrait découper un ruban plus long (fig. 10), et le plier, comme le montre la figure 11 ; mais, en

Fig. 7

général, on trouvera plus simple d'employer la forme précédente (fig. 7), et de souder les extrémités.

On peut aussi employer la forme de la figure 12 et la plier suivant la figure 13, dans laquelle *c* est une branche oblique reliant les extrémités *a* et *b* de deux spires voisines, et dont la projection sur un plan passant par l'axe, serait représentée par

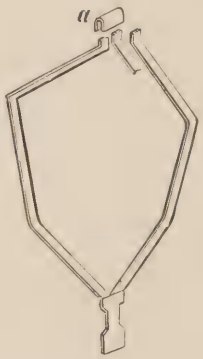


Fig. 8

la figure 14, *a* et *b* étant les extrémités de deux spires voisines, et *e* le ruban qui les relie.

Comme nous avons vu, les spires sont maintenues autour de l'axe, au moyen d'anneaux, pénétrant dans les entailles que l'on voit à gauche, dans les figures 7 et 10, mais, on pourrait employer aussi des saillies *p p*, dans le même but, fig. 12. Les entailles ont l'avantage de permettre une meilleure utilisation de la tôle ; mais ils ont l'inconvénient de diminuer la section du ruban en cet endroit, et d'augmenter, par conséquent, l'échauffement, juste à l'endroit où la ventilation est la plus faible.

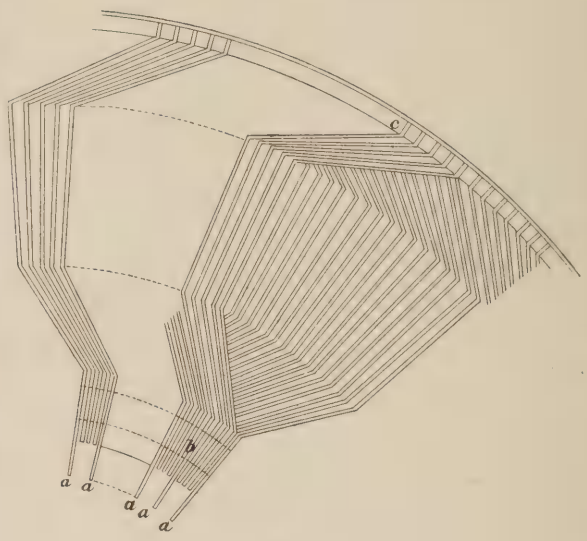


Fig. 9

On peut aussi, évidemment, employer le même procédé de découpage et pliage des tôles à l'enroulement en zigzag, représenté sur la figure 15, et employé dans plusieurs machines à disques; la figure 16 montre comment on pourrait disposer le ruban dans ce cas.

Si le ruban qui forme les spires est partout

Fig. 10

d'égale épaisseur, le nombre des spires sera déterminé par le diamètre du cercle intérieur *y*, (fig. 17); on en mettra autant que ce dernier en pourra contenir.

Nous avons à considérer, dans le disque, différentes régions ; d'abord, l'espace se trouvant entre les deux premiers cercles intérieurs *y* et *c*, de la figure 17; cet espace sert à fixer les bobines et ne concourt pas à la production du courant, en-

suite l'espace entre les cercles c_1 et c_2, dans lequel se trouvent les champs magnétiques, et dans lequel est engendré le courant ; c'est l'espace

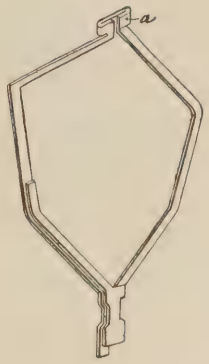


Fig. 11

utile, et, enfin, au delà du cercle c_2, se trouvent les jonctions des bobines consécutives entre elles.

Les formes des champs magnétiques et des bo-

Fig. 12

bines dépendent les unes des autres ; il faut, en effet, que les bobines aient une forme qui leur permette d'embrasser le champ magnétique en

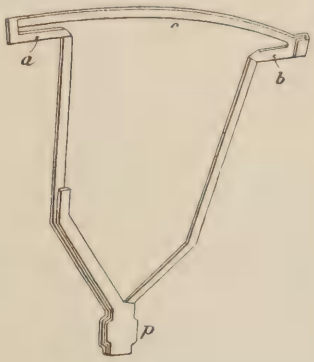


Fig. 13

entier, pour utiliser toutes les lignes de force. Quand, dans certaines limites, on peut choisir les uns et les autres, on donnera, dans chaque cas particulier, au champ magnétique et aux bobines une forme qui, tout en s'adaptant aux conditions du problème, donne la plus grande surface possible, pour la moindre périphérie.

Dans notre cas, les surfaces polaires doivent

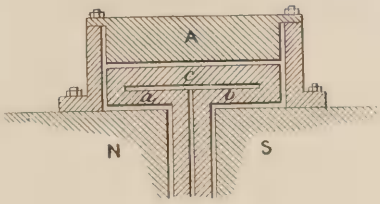


Fig. 14

être comprises entre les cercles c_1 et c_2, et laisser entre elles des espaces suffisants pour la région neutre.

On arriverait donc aux espaces ombrés de la figure 18.

Au point de vue mathématique, la meilleure

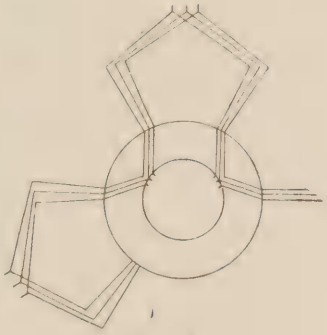


Fig. 15

forme pour les bobines serait celle du contour même des espaces ombrés représentant le champ magnétique ; c'est la forme donnant le moindre

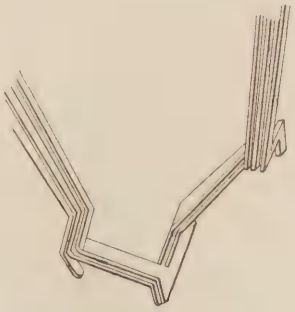


Fig. 16

contour pour une force électromotrice moyenne maximum ; mais, cette forme produit une région neutre trop courte, celle-ci se réduit même à zéro, lorsque les espaces polaires occupent autant de place que les espaces neutres ; pour cette raison,

il vaut mieux donner aux bobines plus d'ouverture ; la force électromotrice reste, il est vrai, la même, mais les espaces neutres augmentent, ils sont maximum lorsque la bobine prend le quart de la circonférence.

Les bobines ne peuvent pas non plus suivre le

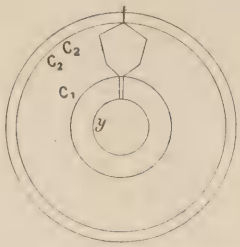


Fig. 17

cercle C_1 ni le cercle C_2 à cause de l'espace occupé par les épaisseurs superposées des spires, il se produit dans ces régions une accumulation de rubans et voulant leur faire occuper le moindre espace possible on est amené à leur donner dans ces régions une courbure suivant une développante de cercle, ces courbes ont, en effet, la propriété de rester équidistantes sur tout leur parcours (ce qui est évident lorsqu'on songe à leur génération au moyen d'un fil que l'on déroule).

En somme, la bobine finit par prendre en gros

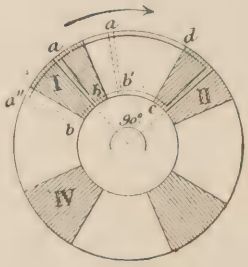


Fig. 18

une forme pentagonale, les côtés dirigés suivant les rayons étant droits et les autres étant des segments de développantes, sur les schéma et les figures on a représenté tous les côtés par des lignes droites.

Les champs magnétiques doivent s'adapter à ce contour sans toutefois occuper la surface totale de la bobine afin de laisser, comme nous l'avons vu, un espace neutre suffisamment étendu.

L'induit construit de cette manière, solidement cerclé à l'extérieur et sur l'axe, se tient donc sans bâtis ni cadre rigide, évitant de cette manière non-seulement tout poids inutile mais aussi tout épaisseur autre que celle des bobines elles-mêmes.

Comme autres qualités de cet induit, par rap-

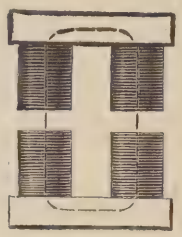


Fig 19

port à d'autres induits à disques, on peut citer la symétrie complète les dimensions égales des bobines, ce qui permet de les fabriquer à bon marché par le découpage et le pliage, et l'utilisation relativement bonne de l'espace disponible ; quand aux inconvénients de cette machine, ce sont ceux de tous les induits à disques, c'est-à-dire un entrefer considérable exigeant une grande dépense d'excitation pour produire un champ magnétique énergique.

Si l'on se reporte à la figure 1, par exemple, on voit qu'il y a quatre circuits magnétiques interrompus chacun par deux entrefers ; il nous sem-

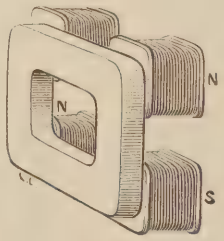


Fig. 20

ble difficile d'arriver, dans le cas de cette machine, à des entrefers moindres que 25 millimètres si l'on songe que l'induit doit tourner dans cette intervalle, mais ceci suppose, d'après les formules de Hopkinson, une excitation de $4 \times H$ ampères-tours au minimum, H étant le champ magnétique en unités absolues, on obtient ce chiffre en négligeant la résistance magnétique du fer et les perte des lignes de force.

Il suit que, pour un champ de 5,000 unités, il faudrait plus de 20000 ampères-tours sur chaque circuit magnétique et à répartir sur deux bobines. C'est un chiffre excessivement élevé.

On pourrait le diminuer en n'employant que deux circuits magnétiques avec les quatre pôles, ce qui est possible en disposant les électros comme le montrent les figures 19 et 20. On se rendra facilement compte que, dans le cas de ces figures il n'y a que deux circuits magnétiques, exigeant chacun 20,000 ampères-tours, embrassant, il est vrai, des électro-aimants de section double, mais la quantité du cuivre employée serait plus faible.

Comme on le voit, la pierre d'achoppement de cette machine, comme, du reste, celle de toutes les machines à disque connues jusqu'à présent, c'est la formidable dépense de cuivre et d'énergie nécessaire pour la production du champ magnétique.

Il est assez facile de se rendre compte au point de vue de l'utilisation des matériaux de la valeur des machines à disques comparativement aux autres systèmes.

Les grands avantages de ces machines sont :

1° Le grand diamètre du disque qui permet d'atteindre de grandes vitesse linéaires, cet avantage lui est commun avec les machines multipolaires à anneau ou à tambour.

2° L'extrême légèreté de l'induit qui ne renferme que les fils conducteurs, ce qui fait que l'on n'a pas à craindre les trépidations qu'il faut faut éviter à tout prix.

Quant à la puissance de ces machines elle peut être calculée d'après les mêmes règles que celle des autres.

Si nous désignons :

Par H l'intensité du champ magnétique,

Par v la vitesse moyenne perpendiculairement à la direction des fils,

Par d la densité du courant dans le fil,

Par V le volume du fil utile, c'est-à-dire situé dans le champ magnétique à un moment donné et coupant normalement les lignes de force.

Pour obtenir le volume V il faut donc multiplier la section de chaque fil par sa projection sur le rayon, c'est-à-dire il faudrait remplacer la spire par un conducteur traversant deux fois le champ magnétique en droite ligne suivant le rayon et ne considérer que ses parties utiles, c'est-à-dire les deux parties radiales

Nous aurons comme puissance de la machine

$$P = \alpha V d v H$$

quelle que soit la machine,

α est une constante.

En appliquant cette formule aux disques, nous voyons :

1° Que, par suite de la ventilation excellente de l'induit, on pourra employer une densité d du courant plus élevée que dans les machines ordinaires ;

2° D'un autre côté, il ne semble pas possible d'utiliser le champ magnétique aussi bien que dans les bons systèmes existants, à cause de la disposition radiale des conducteurs et du fait que les conducteurs ne traversent pas tout le champ magnétique en ligne droite.

Quand à H et v, nous en avons déjà parlé précédemment.

On peut aussi comparer les induits au point de vue de leur rendement, c'est-à-dire, du rapport de l'énergie perdue en chaleur intérieurement à l'énergie totale produite.

Le travail perdu en chaleur dans l'induit est égal à

$$P' = \beta V' d^2$$

ou V′ est le volume total du fil dans l'induit.

Si nous prenons deux induits dans les mêmes conditions, c'est-à-dire, avec les mêmes H v V et d, la dépense dans l'induit sera d'autant plus grande que V′ sera plus grand, c'est-à-dire, en somme, que le rapport du volume total V′ du fil au volume utile V sera plus grand.

Ce rapport dans la machine de MM. Jehl et Rupp, semble assez satisfaisant, quoique l'espace neutre soit bien considérable, il semble qu'on doit pouvoir le diminuer.

Enfin, une dernière remarque : comme on le voit par la disposition des conducteurs, ces derniers doivent être assez forts pour se porter tout seuls, c'est-à-dire, que cet induit ne peut être em-

ployé avec succès que pour les grosses machines d'une force électromotrice modérée.

La dynamo représentée sur la première figure donne avec 735 révolutions par minute 100 volts et 350 ampères.

LES

CONDUCTEURS SOUTERRAINS

DE LA SOCIÉTÉ

BERTHOUD, BOREL ET Cie

L'extension toujours croissante que prennent partout les réseaux téléphoniques et les stations centrales de production et de distribution d'électricité a amené un changement considérable dans la fabrication des conducteurs électriques souterrains.

Il y a une quinzaine d'années, on ne pouvait guère, malgré de nombreux essais, concevoir d'autres câbles que ceux dont le diélectrique du conducteur était constitué par une substance isolante imperméable à l'eau et élastique, c'est-à-dire de la gutta-percha ou du caoutchouc.

Aujourd'hui, presque tous les câbles employés pour la lumière électrique et une bonne partie de ceux utilisés pour la téléphonie ont un diélectrique plus ou moins perméable à l'eau, composé de matières textiles, fils de coton, de chanvre, de jute, etc., imprégnés de matières isolantes, paraffine, résine, etc., et protégés par une enveloppe de plomb.

Nous avons eu dernièrement, grâce à l'amabilité des Directeurs de la Société Berthoud, Borel et Cie, l'avantange de visiter en détail l'usine que cette société posède à Cortaillod (Suisse) et d'assister à tous les détails de la fabrication; nous croyons qu'un compte-rendu des procédés de cette fabrication et une description des différents types de câbles construits par la société qui exploite les brevets Berthoud-Borel, peut être de nature à intéresser les lecteurs de *La Lumière Électrique*.

Ce n'est que depuis l'introduction des procédés Berthoud-Borel qu'il a été possible de construire des câbles ayant une matière isolante autre que la gutta-percha ou le caoutchouc, et remplissant toutes les conditions d'isolement et de durée que l'on doit exiger d'un bon conducteur électrique.

Sans entrer dans une description détaillée du procédé, nous indiquerons en quelques mots en quoi consistent la supériorité et la nouveauté du système Berthoud sur ses devanciers.

Depuis longtemps, les fabricants de câbles électriques cherchaient à remplacer la gutta-percha, dont la production limitée et les usages, toujours plus divers, faisaient constamment hausser le prix, par une matière commune, d'un prix inférieur et possédant des propriétés électriques analogues.

Les premiers essais consistèrent à entourer le conducteur métallique d'une enveloppe textile, imprégnée de matières isolantes destinées à empêcher l'humidité de pénétrer jusqu'au métal.

Ces essais faits avec des matières parfaitement imperméables à l'eau, telles que la cire, la paraffine, différents mélanges de paraffine et de colophane, etc., ne donnèrent jamais des résultats satisfaisants.

Cela tenait au fait, expérimenté cent fois depuis, qu'une fibre textile, complètement desséchée et même enrobée dans une matière imperméable, absorbe peu à peu l'humidité de l'air et reprend sa composition première, si une extrémité seulement de cette fibre se trouve à l'air libre. Cette constation faite, les recherches eurent dès lors pour but de trouver les moyens de mettre les fibres textiles, imprégnées de matière isolante, à l'abri de l'air et de l'humidité.

Les tuyaux de plomb, employés pour les conduites d'eau et de gaz étaient tout indiqués pour cet usage, aussi furent-ils adoptés généralement. Pour les utiliser, on se contenta de tirer, au moyen d'appareils spéciaux, les conducteurs isolés dans des tubes de plomb (comme on le fait encore généralement pour la mise sous plomb des conducteurs isolés au moyen de gutta-percha) d'une longueur de 50 à 60 mètres, puis de comprimer ce tube sur le conducteur au moyen de filières coniques ; le premier tube placé, on en mettait un second qu'il fallait souder au premier, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tout le câble fut recouvert.

Les conducteurs ainsi protégés donnaient de bons résultats immédiatement après leur fabrication, mais, peu à peu, l'isolement diminuait et finissait par atteindre une valeur trop faible pour qu'on pût songer à utiliser d'une manière générale de pareils câbles.

Les pertes d'isolement qui se constatent dans ces câbles et que l'on peut observer encore dans tous ceux qui se fabriquent par des procédés semblables, peuvent provenir de trois causes différentes.

1° Le conducteur pendant l'opération de la mise sous plomb est nécessairement exposé à l'air ; sa surface se recouvre d'une couche plus ou moins épaisse d'humidité qui est enfermée sous l'enveloppe de plomb. Cette humidité, ainsi que celle qui peut se trouver sur les parois intérieures du tube de plomb lui-même, pénètre peu à peu les fibres textiles, d'où, production lente d'une dérivation entre le conducteur et son enveloppe. La perte d'isolement a une limite qui dépend de la quantité d'humidité renfermée dans le câble.

2° Les tubes de plomb ne pouvant être placés sur le conducteur que par petites longeurs, il en résulte un grand nombre de raccords dont chacun doit être fait avec le plus grand soin; si un seul est défectueux, l'humidité pénètre dans le câble et l'isolement diminue continuellement à mesure que les parties plus éloignées s'en imprègnent.

3° Il arrive fréquemment que les tubes de plomb employées ne sont pas étanches eux-mêmes et qu'ils sont perforés de petites ouvertures qui proviennent ordinairement d'impuretés mélangées au plomb pendant la fabrication du tuyau. L'humidité pénètre naturellement par ces ouvertures et produit les mêmes effets qu'un mauvais raccord de deux bouts de tuyaux.

De ces trois causes de perte d'isolement, la première ne peut jamais être éliminée complètetement; la seconde pouvait l'être en apportant la plus grande attention à la confection de chaque raccord, et enfin la troisième serait la plus facile à prévenir; car il suffirait d'essayer tous les tubes avant leur emploi avec de l'air comprimé à 5 où 10 atmosphères.

Mais ces perfectionnements ne seraient, malgré tout, qu'un palliatif, car le système péche par la base, puisque, malgré tous les soins apportés à la fabrication, un câble de cette fabrication aura toujours et nécessairement un isolement qui diminuera plus ou moins rapidement avec le temps. C'est pourquoi il fallait chercher un autre mode de fabrication supprimant toutes ces défectuosités.

Le procédé auquel est arrivé M. le Dr Borel, secondé par M. Berthoud, à Cortaillod, peut être considéré comme répondant très bien à toutes les exigences. Rappelons qu'il a été exposé au public pour la première fois à l'Exposition d'Électricité de Paris, en 1881.

Ce procédé fut peu remarqué dans ce moment; il y avait cependant, au Palais de l'Exposition, plus de 10 kilomètres de ces câbles utilisés essentiellement pour les bougies Jablochkoff et pour quelques petites installations de transport de force et de lumière à incandescence; tous ces câbles fonctionnèrent de la manière la plus régulière.

Nous avons dit que, dans les anciens procédés, le conducteur recouvert de son enveloppe isolante restait nécessairement exposé à l'air, pendant son introduction dans le tube de plomb, qui devait le protéger, et que c'était pendant ce temps qu'il perdait ses qualités d'isolement.

Il semblait difficile de vaincre cette difficulté et cependant le nouveau procédé résout complètement le problème, tout en simplifiant beaucoup l'opération de la mise sous plomb. Voici en quoi il consiste :

Le conducteur en cuivre, recouvert d'une ou plusieurs couches de coton, chanvre ou autre textile, est enroulé sur un tambour en tôle perforée. Ce tambour est plongé tout entier dans une chaudière remplie de matière isolante liquide portée à la température de 180° C.

Aussitôt après l'immersion, il se dégage de grosses bulles d'air chaud, puis il se forme sur la surface liquide une sorte d'écume provenant de l'humidité expulsée sous forme de vapeur; le câble reste immergé, jusqu'à ce que la surface du bain soit devenue parfaitement calme et qu'il ne se dégage plus aucune bulle.

Le tambour est alors placé dans une caisse fermée, puis transporté vers la presse qui le recouvre immédiatement d'une gaine de plomb ayant l'épaisseur déterminée par le diamètre du câble.

Le conducteur n'a ainsi à parcourir dans l'air qu'un chemin de quelques mètres et comme il est très chaud puisqu'il sort d'un bain de 180 degrés, il ne s'y dépose aucune humidité. Cependant, pour écarter de la manière la plus complète les accidents qui pourraient encore provenir de ce chef, la broche de la presse, au travers de laquelle passe le conducteur, est surmontée d'une petite chaudière remplie de matière isolante en ébullition.

On élimine de cette manière l'humidité qui pourrait s'être déposée sur le conducteur et on remplit ainsi complètement de matière isolante les vides laissés entre les fibres textiles, ainsi que les interstices entre le conducteur et le tube de plomb. Les conducteurs ainsi obtenus sont évidemment complètement desséchés.

La presse est, en outre, construite de manière à permettre de recouvrir des longueurs de câbles indéfinies, sans aucune soudure de la gaîne de plomb, en sorte que le danger des raccords défectueux est de cette manière complètement évité.

Le seul défaut qui puisse subsister provient de la présence de trous dans la gaîne de plomb; ces trous se produisent rarement avec du plomb très pur et en prenant des précautions entendues; en outre, on les remarque très facilement par la matière isolante liquide qui s'en écoule. Ces endroits percés peuvent être réparés, mais risqueraient de devenir une cause de détérioration, si la réparation n'était pas parfaite. C'est ce qui a donné à M. Borel l'idée de recouvrir le câble d'une seconde enveloppe de plomb, en interposant entre ces deux enveloppes une couche mince de brai gras, résidu de la distillation du goudron de gaz.

C'est, dans un autre domaine, l'analogue de ce qui a été fait pour les conducteurs en gutta-percha, dont l'isolement est formé par 2 ou 3 gaînes de gutta-percha réunies par du Chatterton.

Avec un pareil luxe de précautions, il était difficile de ne pas arriver à la production de câbles excellents sous tous les rapports, et on comprend aussi que les constructeurs concurrents, après avoir fait leur possible pour discréditer le nouveau produit, se soient mis à le contrefaire plus ou moins ouvertement.

Il restait cependant encore un point inconnu à l'égard de la durée de ces câbles. Comment se conserverait la matière isolante? Subirait-elle une transformation avec le temps?

Une première chose était certaine, c'est que la double gaîne de plomb assurait à l'enveloppe protectrice une durée pour ainsi dire indéfinie. Le plomb est, en effet, très peu attaqué dans le sol et la première gaîne extérieure venant même à disparaître par place, la seconde recouverte d'un épais vernis imperméable suffirait seule à la conservation du conducteur. Les tuyaux en plomb qui se trouvent presque intacts dans les ruines de Pompéi, par exemple, après dix-huit siècles, sont un des meilleurs exemples que l'on puisse citer de la conservation du plomb. Il y en a encore d'autres exemples dans les lames de plomb qui se rencontrent aussi dans les ruines de stations romaines, situées sur les bords de plusieurs lacs suisses, lames qui, conservées dans le sable ou la vase, sont à peine oxydées à la surface.

Quant à la matière isolante, les expériences faites avec les câbles placés depuis quelques années donnent lieu de croire qu'elle ne subit aucune altération; cette matière est composée ordinairement d'un mélange d'huile de lin, oxydée d'une manière spéciale avec de la résine, mélange dont les proportions varient suivant les effets à obtenir. L'huile de lin est maintenue en ébullition pendant plusieurs jours, de façon à la débarrasser de toute trace d'humidité, puis on y ajoute de la résine en plus ou moins grande quantité. Suivant que la résine domine ou pas, le diélectrique est plus ou moins cassant et sa capacité inductive spécifique varie aussi avec les proportions du mélange.

Nous donnons comme exemple des bonnes qualités de l'isolement de ces câbles, les résultats d'expériences faites sur un câble téléphonique de 25 conducteurs, tordus deux à deux et posé dans les rues de Berlin, entre le bureau central de la *Franzœsische Strasse* et celui de la *Mauerstrasse*.

Ce câble, posé en juillet 1884, a dû être réparé par les fournisseurs en juillet 1887. Les recherches qui étaient assez difficiles, puisqu'il s'agissait en deux endroits de dérivations ayant encore une résistance de 30 mégohms environ, ont amené la découverte de 4 coups de pique qui avaient traversé les deux gaines de plomb. Les réparations faites, voici les résultats obtenus pour les 14 meilleurs conducteurs, mis en regard des résultats des 14 meilleurs conducteurs de 1884.

Ces chiffres sont tirés de deux procès-verbaux d'essais, signés chaque fois par MM. le Dr Brix, ingénieur des télégraphes à Berlin et le Dr Borel.

	14 juillet 1884	10 juillet 1887		14 juillet 1884	10 juillet 1887
	mégohms par kilomètre			mégohms par kilomètre	
N° 1	2250	3130	N° 8	2042	2618
2	2215	2880	9	2042	2571
3	2133	2880	10	2028	2571
4	2117	2823	11	1986	2521
5	2087	2823	12	1986	2504
6	2087	2742	13	1986	2400
7	2071	2742	14	1986	2360

La capacité qui avait été trouvée de 0,15 microfarad par kilomètre en 1884, est restée identique, ainsi que la résistance du cuivre.

Ce câble d'une longueur de 1440 mètres avait été posé en quatre bouts réunis par des boîtes de raccordement dont la figure 1 donne la projection horizontale. Au centre de la boîte se trouve un bloc d'ébonite présentant 14 rainures transversales, sur chacune desquelles est foré un trou circulaire qui se prolonge dans l'ébonite par un taraudage.

Les bouts de câble étant en place, on réunit les conducteurs deux à deux en les pressant dans la rainure autour d'une vis. Lorsque les 14 premiers conducteurs sont ainsi rejoints, on place une seconde pièce d'ébonite sur la première et on y relie les 14 derniers conducteurs ; puis il ne reste

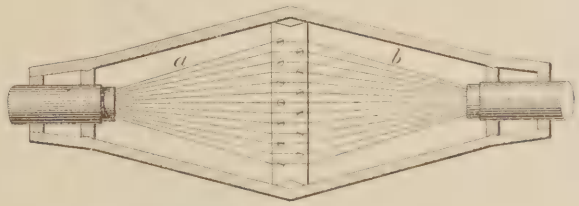


Fig. 1

plus qu'à remplir la boîte avec la matière isolante avant de la fermer.

Les résultats obtenus sur le câble de Berlin, après 4 ans de pose, démontrent comme on pouvait du reste s'y attendre, que l'influence du temps sur le diélectrique employé est très faible et même l'isolement paraît avoir augmenté au lieu de diminuer.

Nous allons maintenant décrire quelques-uns des types de câbles employés pour la télégraphie, la téléphonie et la lumière électrique.

Câbles télégraphiques. — Le conducteur composé ordinairement de 7 brins de cuivre est enveloppé de plusieurs couches de coton, enroulées alternativement en sens contraire. Plusieurs de ces fils recouverts sont tordus ensemble pour former des câbles de 2, 3 et 7 conducteurs, puis enveloppés par un ruban d'un tissu peu serré. Cet ensemble est alors mis sur un tambour en tôle, plongé dans la matière isolante chaude et recouvert de deux gaînes de plomb.

La première ligne d'une certaine importance de ces câbles a été placée dans le tunnel de l'Aarlberg, dont la longueur est d'environ 11 kilomètres ; il est placé dans un cheneau en bois goudronné, placé à une profondeur de 30 à 50 centimètres, le long d'un pied droit de la voûte. Chaque tambour de câble mesurait environ 1000 mètres, de sorte qu'il y a 10 soudures.

Les essais, lors de la réception de la ligne, en 1884, ont donné pour l'isolement une valeur moyenne d'environ 7000 mégohms par kilomètre et une capacité de 0,22 microfarad.

Pour obtenir un isolement aussi considérable, les soudures doivent être faites avec un très grand soin. La méthode employée consistait, après avoir placé à la main les différentes couches de coton, à introduire toute la soudure dans un bassin rempli de matière isolante, maintenue à la température d'environ 180 degrés, puis de replacer sur cette partie deux bouts de tubes de plomb, soudés ave soin à ceux de la gaîne du câble.

Depuis cette époque, la Direction des Télégraphes, en Autriche, a fait construire plusieurs lignes souterraines avec des câbles de ce même système, et le Ministère de la Guerre en a posé près de 200 kilomètres.

Câbles téléphoniques. — La maison Berthoud, Borel et Cie construit trois types de câbles téléphoniques.

Dans le premier, les conducteurs sont tordus deux à deux, puis réunis en groupes plus ou moins nombreux. Ce système ne peut être employé que pour des réseaux téléphoniques qui, comme celui de Paris, utilisent un circuit métallique complet. De grandes longueurs de ces câbles sont posées dans plusieurs réseaux téléphoniques. La ville de Brescia en Italie, entre autres, possède un réseau construit entièrement avec ces câbles et les résultats en sont excellents.

Un second système pour circuit métallique complet a été breveté en 1880 sous le nom de câble concentrique sans induction. Chaque circuit consiste en un conducteur de cuivre isolé, recouvert d'un mince tube de plomb qui est lui-même recouvert de matière isolante.

Plusieurs de ces conducteurs concentriques forment des câbles pour 3, 7, etc., abonnés. La figure 2 représente, à une échelle double de la grandeur naturelle, un câble de ce type à 7 conducteurs.

Le système de conducteurs concentriques, par-

fait au point de vue de l'induction, n'a pas été utilisé pour de grandes lignes, son prix étant plus élevé que le premier système, mais il commence à être employé pour les réseaux de câbles souterrains, à courants alternatifs, destinés à la lumière électrique.

Le troisième système a été créé pour détruire, au moins en partie, les effets de l'induction dans les réseaux, qui n'ont pas le circuit métallique complet.

Les conducteurs se composent comme dans le second système d'un conducteur en cuivre, isolé et recouvert d'un mince tube de plomb ; mais ce tube n'est pas lui-même recouvert de matière isolante. Les conducteurs avec leur enveloppe de plomb, sont réunis en câbles d'un plus ou moins grand nombre de conducteurs, et recouverts de deux enveloppes protectrices en plomb (fig. 3).

Dans tous les réseaux téléphoniques un peu

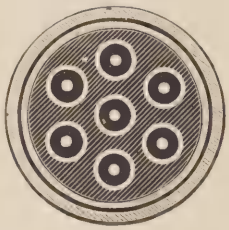


Fig. 2

étendus construits jusqu'à maintenant presque exclusivement avec des conducteurs aériens, la nécessité se fait de plus en plus sentir de remplacer un certain nombre d'artères par autant de lignes souterraines ; avec le nombre croissant des abonnés il n'est, en effet, presque plus possible de les relier directement à la station centrale par suite du manque d'espace dans les alentours du pavillon central. A moins de dédoubler la station centrale, on est alors forcé d'avoir recours à des câbles souterrains ; et cette dernière alternative est infiniment préférable à la première, par suite des facilités de service qui résultent de l'exploitation d'un réseau à l'aide d'une seule station centrale.

La Direction des télégraphes suisses, qui est en même temps chargée de l'exploitation des réseaux téléphoniques, est entrée résolument dans cette voie et elle a l'intention de transformer peu à peu les réseaux les plus importants et les plus denses. Déjà, au printemps de cette année, elle a fait poser à Zurich 23 kilomèrres de câbles destinés à relier à la station centrale les fils aboutissant à une station centrale de second ordre transformée ainsi en station centrale *morte*; on a placé en tout 32 câbles de 27 conducteurs, ce qui donne un total de 864 fils disponibles.

Chaque conducteur est formé d'un fil de cuivre de 0,7 m.m. de diamètre, autour duquel sont enroulées en sens contraire deux couches de coton qui ont une épaisseur de 0,6 m.m.. Après avoir été imprégné de matière isolante, ce conducteut est recouvert d'une gaîne de plomb d'environ 0,3 m.m. d'épaisseur, ce qui donne à l'ensemble un diamètre de 2,5 m.m.

Pour le câblage, 3 conducteurs sont d'abord tordus ensemble, puis sur cette corde sont enroulés en sens contraire 9 conducteurs, et enfin,

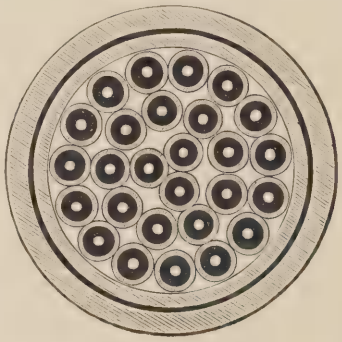


Fig 3

les 15 derniers forment une troisième couche, enroulée en sens contraire de la seconde. La corde formée par ces 27 conducteurs a un diamètre de 18 m.m. et, recouverte de ses deux gaînes de plomb, elle constitue le câble qui a 22 m.m. de diamètre.

Les 32 câbles n'ont pas été placés simplement au fond d'un fossé ; en effet, le plomb qui les recouvre n'est pas suffisant pour les protéger conre les coups de pique des ouvriers qui ont souvent à effectuer des réparations pour le service de l'eau et du gaz ; aussi la Direction des télégraphes a-t-elle voulu les mettre complètement à l'abri de toute chance de détérioration, en les plaçant entre deux fers zorès qui forment un canal presque circulaire (fig. 4) de 16 c.m. de largeur, canal largement suffisant pour les 32 câbles.

Le fer supérieur est fixé au fer inférieur par des presses à vis, placées en quinconce de mètre en

mètre. Le canal se trouve à une profondeur de 0,80 m. à 1 m. au-dessous du niveau de la route ; il passe au-dessus des conduites d'eau et de gaz ; mais comme il est très résistant, il permettra de

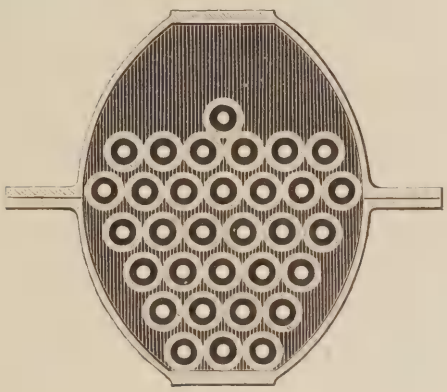


Fig. 4

travailler au-dessous sans courir le risque d'endommager les câbles.

Les extrémités des câbles étaient montées au fur et à mesure de la pose, d'un côté, jusque, dans les locaux de la station centrale au quatrième étage et, de l'autre côté, jusque sous le toit, au pied de la tour en fer dans laquelle arrivent les fils des abonnés. Pour ces montées, les câbles sont placés dans des chéneaux en bois fixés au mur, et dans lesquels ils sont maintenus de distance en distance par des traverses en bois dur, afin de ne pas laisser reposer la longueur toute entière, soit

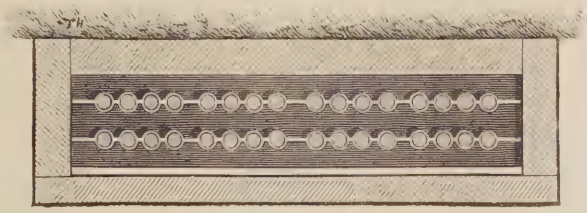


Fig. 5

20 à 25 mètres, sur le seul point d'attache supérieur (fig. 5).

Le cahier des charges exigeait pour ces câbles les conditions suivantes : une capacité maximum de 0,22 microfarad par kilomètre et un isolement d'au moins 100 mégohms. La capacité était en réalité d'environ 0,20 microfarad et l'isolement mesuré par la méthode de perte de charge, aussitôt après la pose, donnait une moyenne d'environ 4000 méghoms par kilomètre.

A. Palaz

A suivre.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

De la distillation et du traitement électrolytique de l'écume de zinc, par B. Rœsing.

Les procédés électrolytiques de traitement des métaux pour leur séparation ou leur raffinage sont assez peu connus, à part les méthodes d'analyse proprement dite, comme par exemple celles qui ont été indiquées par M. A. Classen, et dont nous avons parlé ici même [1], ils forment en général des secrets de fabrication. Ainsi, il n'y a pas longtemps, nous avons dû renoncer à entretenir nos lecteurs, d'une usine établie à St-Denis, et qui s'occupe du traitement électrolytique du zinc.

A défaut de renseignements de première main, nous reproduirons quelques parties d'un article de M. Rœsing [2] sur un chapitre tout spécial de la métallurgie du zinc : le traitement des écumes de zinc pour l'extraction de l'argent.

Dans la désargentation du plomb par le zinc, découverte accidentellement en 1841 pour la première fois par Karsten, dans des expériences qu'il faisait sur les alliages du zinc et du plomb, puis proposée de nouveau, quelques années plus tard, par Alex. Parkes, on obtient, après la première et la deuxième addition de zinc, une écume de zinc riche en argent ; cette écume dépouillée par liquation d'une partie de sa teneur en plomb, prend alors le nom d'écume riche, d'écume de zinc concentrée ou de poussière de zinc.

La quantité d'écume ressuée, par rapport à la masse du plomb traité, varie suivant le degré de

(1) Voir *Analyse électrolytique quantitative*. Exposé des méthodes de A. Classen par C. Blas. G. Carré, éditeur, Paris.

(2) Dans la *Zeitschrift für Berg, Hütten und Salinenwesen*, 1886, t. XXXIV, p. 91 et suiv., reproduit par le *Journal de Dingler*, n° 2, v. 263.

ressuage ; on obtient ainsi à l'usine de Mechernich, 1,5 o/o du plomb traité, 6 o/o à l'usine de Lautenthal, 7 o/o à Omaha, et jusqu'à 10 o/o au maximum ; cette écume contient en général de 8 à 25 o/o de zinc, parfois même, mais exceptionnellement, jusqu'à 45 o/o (à Mechernich notamment), puis de 45 à 90 o/o de plomb, et enfin de 0,5 à 2,5 o/o d'argent.

Avant de passer au traitement électrolytique de cette écume de zinc, nous dirons quelques mots des anciens procédés, et en particulier de celui qui paraît le plus employé, la distillation.

1° *Distillation de l'écume de zinc*

Dans le traitement de l'écume de zinc, la distillation peut être considérée comme la méthode la plus ancienne et la plus répandue. Au commencement, Parkes se servait de tuyaux debout d'après la méthode anglaise d'extraction du zinc; plus tard il fit usage, en Angleterre et à Bleiberg, du four belge.

Karsten, à Friedrichshütte, distillait l'écume dans des moufles. Teichmann et Gerhard se servaient de moufles garnis d'un revêtement intérieur contenant du charbon. En 1870, on construisit à Friedrichshütte un double four à gaz (à vent en dessous) contenant 48 moufles à revêtement intérieur. Toutefois, comme beaucoup de plomb riche traversait les moufles et s'accumulait dans les grandes maçonneries, l'exploitation fut suspendue en 1875.

E. Balbach, à Newark, se servit alors de petits fours à une seule cornue, chauffés au coke, que Faber du Faur construisit de façon à pouvoir les faire basculer, afin d'éliminer plus facilement le plomb et les résidus des cornues ; ces fours donnèrent de meilleurs résultats. Dans presque toutes les usines allemandes, on traite par la distillation, et Herrmann, Landsberg, et d'autres ont fait faire à ce procédé des progrès considérables par l'adoption des fours à gaz et des vases à distiller à revêtement intérieur. Les creusets en graphite employés à la distillation dans les usines anglaises, espagnoles et françaises, ont été également essayés à Freiberg, tout récemment.

Les appareils qui servent à la distillation des écumes de zinc argentifères, doivent pouvoir être soumis à une température aussi élevée que possible et permettre de recueillir complètement tout le métal qui pourrait s'échapper par suite d'une rupture accidentelle du vase à distiller. L'opération marche d'autant mieux et plus vite que la température est plus élevée.

Tant qu'il y a du zinc, on n'a pas à redouter une volatilisation sérieuse de l'argent. Dès que l'écoulement du zinc diminue, on soutire le plomb riche, et ce moment arrive d'autant plus vite, la teneur en zinc est d'autant plus faible, que la chaleur est plus élevée.

Le procédé électrolytique que nous allons décrire maintenant est celui qui a été breveté par la *Direction royale des mines*, et tel qu'il a été institué à Friedrichshütte.

Carl Schnabel, à Lauthenthal dans le Harz, et Bræuning, à Oker, avaient déjà fait autrefois des essais de traitement électrolytique de l'écume de zinc ; mais les résultats, tant au point de vue pratique qu'en ce qui concerne la qualité des produits avaient été peu encourageants. A Friedrichshütte, l'écume riche est amenée, en servant d'anode, dans une solution de zinc jouant le rôle d'électrolyte.

Lorsqu'on fait passer le courant, le zinc du sel se dépose sur la cathode, tandis que la partie électro-négative du sel de zinc, devenue libre, dissout une quantité correspondante de zinc de l'anode.

Ce traitement électrolytique se distingue d'autres procédés électro-métallurgiques (tels que l'affinage du cuivre, la désargentation du plomb, de Keith, et le procédé de Herrmann, pour la purification du zinc du commerce) surtout en ce que, dans tous ces procédés, le métal à extraire par voie électrolytique de la matière à traiter, constitue la partie prépondérante, tandis qu'ici le zinc ne représente souvent que la dixième partie de toute la masse.

Aussitôt donc que le zinc qui se trouve dans l'écume, a été dissout à la suite de l'électrolyse, il s'est formé une couche superficielle composée de deux parties presque insolubles de l'écume, le plomb et l'argent. A cet instant, le courant électrique peut être interrompu, car, selon son degré de tension, ou il ne se développerait bientôt plus que de l'hydrogène, ou bien le courant cesserait de lui-même en présence des anodes insolubles.

Il est clair que l'extraction du zinc est d'autant plus complète que la surface de contact de l'écume avec l'électrolyte est plus grande ; c'est pourquoi, pour cette application, on réduit l'écume en poudre, puisqu'on ne peut pas la divi-

ser en feuilles minces. Il en résulte que les électrodes doivent être placées horizontalement.

Une plaque de plomb recouverte d'écume de zinc, servant d'anode, repose au fond de cuves en bois. Vis-à-vis de cette plaque se trouve la cathode montée sur des isolateurs et formée d'une feuille de zinc.

Pour entretenir l'affluence du liquide de l'électrolyte, on superpose plusieurs vases ou cuves semblables de façon que le liquide que la cuve supérieure reçoit d'un réservoir placé plus haut, s'écoule d'une cuve à l'autre par une ouverture dont chacune d'elles est pourvue, et de là, parvient dans un réservoir inférieur pour être employé de nouveau.

Lorsque le courant électrique a agi pendant un certain temps, la masse qui compose l'anode ne consiste plus qu'en une surface dépouillée de zinc et en un noyau resté inaltéré que l'on sépare par liquation de la croûte qui l'enveloppe et que l'on traite de nouveau par l'électrolyse.

L'extraction du zinc par voie électrolytique et l'extraction du plomb par liquation alternent ainsi continuellement jusqu'à épuisement de la masse.

Pour que les faibles quantités d'argent et de plomb qui ont été entrainées par l'électrolyse ne soient pas perdues, on emploie de nouveau les cathodes à la désargentation du plomb d'œuvre. D'autre part, le plomb riche résultant de la liquation est utilisé au profit de l'argent dans le procédé d'affinage. La litharge résultant de cette opération est réduite en plomb.

M. Rœsing a fait également des essais tant avec du zinc granulé qu'avec du zinc divisé en plaques, afin de déterminer l'électrolyte le plus convenable. A cette occasion, il a fait les remarques suivantes :

1° Lorsqu'on faisait usage d'une lessive de potasse étendue d'un poids spécifique de 1,26, le dépôt spongieux contenait beaucoup d'argent (0,223 o/o), un peu de plomb et de cuivre.

2° L'ammoniaque donnait exactement le même résultat que la potasse.

3° Une solution de sel ammoniac comme électrolyte donnait un dépôt avec 77 o/o de plomb et un peu d'argent.

4° Une addition d'alcool aux électrolytes précédents diminuait, il est vrai, la solubilité du plomb, mais elle nuisait aussi à la solution du zinc, et l'alcool s'oxydait rapidement.

5° L'emploi d'une solution de sulfate d'ammonium mélangée d'ammoniaque donnait également un dépôt à teneur d'argent assez élevé et qui contenait aussi un peu de plomb.

6° Si l'on mélange une solution de sulfate de zinc avec du sulfate d'ammonium, le dépôt devient très compact et brillant, mais il est également riche en argent. Dans un des essais, l'écume, avant l'expérience, contenait 14,68 o/o de zinc et 1,93 o/o d'argent ; l'électrolyse achevée, on avait 11,55 o/o de zinc et 1,24 o/o d'argent. La teneur de zinc s'était donc amoindrie de 3,13 o/o, mais il s'était dissous aussi 0,69 o/o d'argent.

7° Une addition de sulfate de soude à la solution de sulfate de zinc donne également un précipité qui, outre un peu de plomb, contient de l'argent ;

8° Les résultats les plus favorables relativement à la pureté du dépôt de zinc furent obtenus avec une simple solution de sulfate de zinc. Dans des expériences faites sur une plus petite échelle, et dans lesquelles les électrodes avaient une surface de 400 centimètres carrés, le dépôt ne contenait pas d'argent et le plomb ne s'y rencontrait qu'en faible quantité ; mais, dans des essais plus considérables, il n'était pas toujours possible d'éviter que la lessive, qui devait circuler le plus rapidement possible n'entrainât mécaniquement de fines parcelles de l'écume de zinc pulvérisée, dans le dépôt qui, par cela même, devait contenir parfois un peu d'argent.

Le procédé décrit plus haut, et qui a été trouvé plus pratique que toutes les méthodes connues jusqu'ici, est caractérisé autant par l'analyse alternant avec la liquation, que par l'emploi d'une matière finement granulée disposée sur des plaques de plomb horizontales d'où le courant est amené dans les anodes d'écume de zinc.

Il paraîtrait cependant, que ce procédé de traitement électrolytique des écumes de zinc a été abandonné, par suite de la grande élévation des frais de premier établissement, relativement à ceux de la distillation ; c'est du moins ce qu'in-

dique le compte-rendu du 100e jubilé de l'établissement de Friedrichshütte, près de Tarnowicz.

E. M.

Action du magnétisme sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés, par M. L. Boltzmann (1).

M. Boltzmann a placé un tube de Geissler, aplati, dans un champ magnétique homogène ; la section du tube, perpendiculairement aux lignes de force du champ était un losange dont les diagonales étaient de 6 centimètres et 4 centimètres.

Deux électrodes placées aux angles aigus du losange amenaient le courant de décharge d'une bobine de Rumhkorff, deux autres placées aux ongles obtus étaient placées dans le circuit d'un galvanomètre.

On sait que le phénomène lumineux du tube de Geissler est déplacé sous l'influence du champ magnétique, dans le même sens qu'un fil parcouru par le courant primaire le serait d'après la loi d'Ampère.

M. Boltzmann a observé constamment la production d'un courant sensible au galvanomètre, entre les deux électrodes transversales ; le courant positif passait toujours de l'électrode transversale, dont la fluorescence était éloignée sous l'influence de la force magnétique. L'air, l'hydrogène et l'acide carbonique, sous des pressions de 2 à 3 millimètres, ont montré absolument les mêmes phénoménes.

Le courant transversal avait une intensité de 30 à 60 fois moins grande que celle du courant primaire longitudinal, l'intensité du champ magnétique était égale à 1800 unités C. G. S.

M. Boltzmann a répété, à l'aide du tube de Geissler ci-dessus, les expériences analogues à celles que Hall et Righi ont faites sur des lames métalliques ; il a observé les mêmes phénomènes et trouvé les mêmes résultats, au point de vue qualitatif.

On sait aussi que le passage de la décharge électrique dans un tube de Geissler est rendu plus difficile par l'influence d'une force magnétique ; ce fait est analogue à l'augmentation de la résistance électrique du bismuth dans un champ magnétique.

M. Boltzmann a a vérifié ce fait en faisant passer la décharge dans deux tubes placés parallèlement dans le circuit, l'un d'eux seulement étant situé dans le champ magnétique ; il a observé une diminution dans le tube placé dans le champ magnétique, correspondant à une augmentation de la décharge dans l'autre tube.

A. P.

(1) Anzeiger der k. Acad. in Wien. 1887.

Influence de l'aimantation sur la conductibilité électrique des métaux, par M. Goldhammer (1).

W. Thomson a constaté, le premier, en 1856, une variation de la résistance électrique de plaques de fer et de nickel placées daus un champ magnétique parallèlement aux lignes de force ; il a trouvé que la résistance augmente dans la direction des lignes de force et diminue dans la direction normale.

M. Tomlinson a aussi constaté cette augmentation de résistance dans des fils de fer, de nickel, de cobalt, de bismuth et d'acier, aimantés longitudinalement.

Righi, Hurion et Leduc, entre autres, ont aussi étudié la variation de résistance du bismuth pour mesurer l'intensité de la force magnétique dans des champs très intenses.

M. Goldhammer a repris cette question et a soumis à ses recherches les métaux dans lesquels le phénomène de Hall est le mieux marqué, c'est-à-dire le tellure, le bismuth, l'antimoine, le nickel, le fer et le cobalt ; il ne fut pas possible de constater une variation de résistance de l'argent, de l'or et du laiton.

Afin de se mettre complètement à l'abri d'une déformation mécanique du métal, produite par l'aimantation et donnant lieu à la variation de résistance, M. Goldhammer a donné aux métaux étudiés la forme de couches métalliques très minces déposées par voie électrolytique sur des plaques de verre platinées.

A l'aide du pont de Wheatstone, l'auteur a mesuré avant et après l'excitation du champ, la résistance de chaque plaque dans deux directions perpendiculaires entre elles, l'une étant parallèle aux lignes de force.

(1) *Annales de Wiedmann*, vol. XXXI, p. 360.

M. Goldhammer a complètement négligé de mesurer l'intensité du champ magnétique ; cet élément aurait été pourtant de la plus grande importance dans ces mesures car les nombres que donne l'auteur et qui expriment la variation de la résistance perdent ainsi beaucoup de leur valeur ; aussi ne citerons nous pas les valeurs numériques obtenues.

M. Goldhammer a constaté une augmentation de résistance pour le bismuth, le tellure et l'antimoine ; dans toutes les directions, aussi bien parallèlement que normalement aux lignes de force. Pour le cobalt, le nickel et le fer, l'auteur a constaté le même fait que W. Thomson, c'est-à-dire une augmentation dans la direction des lignes de force et une diminution dans la direction normale.

A. P.

Un nouveau sismomètre, par M. A. O. Moses

Le sismographe de M. Gray, dont nous avons donné, il n'y a pas longtemps, une description détaillée, permet d'enregistrer la direction et l'intensité des mouvements et des trépidations de l'écorce terrestre. On sait que les sismographes se composent d'un organe qui est d'une manière

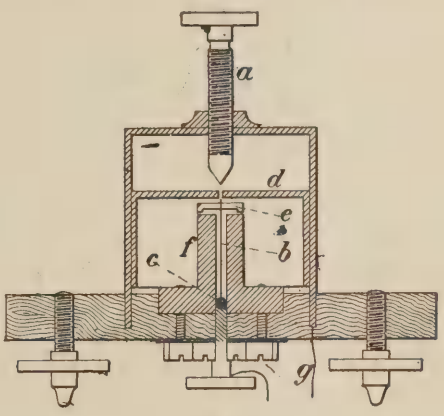


Fig. 1

ou de l'autre, rendu indépendant de l'écorce terrestre et qui provoque, lors des mouvements de celle-ci, l'enregistrement des oscillations produites.

Dans les sismographes les plus perfectionnés, on emploie en général une masse assez considérable suspendue à un point fixe par un fil ou un ressort, et que la force d'inertie empêche de participer instantanément aux ébranlements terrestres.

M. Moses a présenté, dernièrement, à l'*Electrical Club* de New-York, un sismomètre fondé sur un principe nouveau, très intéressant. Il se compose, essentiellement, d'une aiguille en fer

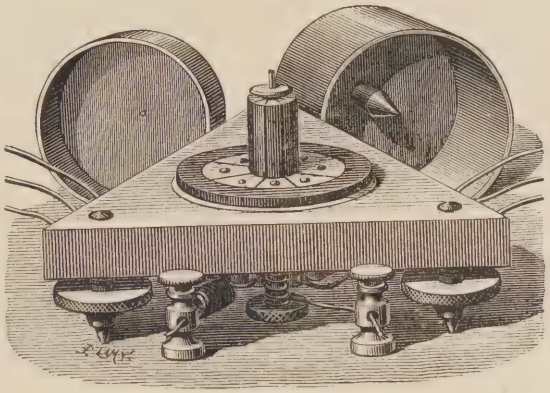


Fig. 2

doux de 3 à 4 centimètres de longueur, maintenue verticalement en équilibre sous l'influence de la pesanteur, et d'un fort aimant permanent, dont l'axe coïncide avec celui de l'aiguille. Au moindre ébranlement, l'aiguille est déplacée de sa position d'équilibre, et ferme un circuit électrique provoquant l'enregistrement du phénomène et de sa durée.

La figure 1 donne une coupe de l'appareil. L'aimant permanent est en *a* ; il est fileté et peut être déplacé à volonté suivant la verticale, de façon à obtenir un règlage parfait ; *b* est l'aiguille de fer doux portant à sa partie supérieure un disque en platine *e* ; elle repose sur un globule de mercure *c* situé, dans une capsule de platine, au fond de l'espace cylindrique laissé libre par le tube de laiton ; celui-ci est formé de huit sections isolées les unes des autres ; *d* est une cage en cuivre destinée à contrôler les mouvements verticaux de l'aiguille.

Un des pôles d'une pile est relié au globule de mercure, l'autre avec un appareil enregistreur ; le circuit est, en outre, complété par autant de fils spéciaux reliés aux huit sections du tube cylindrique *f* et à la cage en cuivre *d*.

Les sections du tube servent à enregistrer les oscillations latérales de l'écorce terrestre, la cage métallique *d*, les mouvements verticaux. La

grande masse de cuivre de la cage, sert à amortir rapidement les oscillations de l'aiguille, et à rendre ainsi l'appareil apte à enregistrer les secousses qui se succèdent, souvent, très rapidement.

La figure 2 donne une vue de l'appareil ; ce sismomètre est extrêmement sensible, et sa sensibilité est aussi grande que celle des meilleurs instruments de ce genre, basés sur d'autres principes.

A. P.

Aperçu historique sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique, d'après M. Exner (1).

II

Observations personnelles

Dans ses recherches sur l'électricité atmosphérique, M. Exner employa alternativement une flamme, un appareil à écoulement d'eau et une mèche incandescente comme collecteurs d'électricité, un électromètre à quadrants et un électromètre portatif, suivant que les observations se faisaient dans son laboratoire ou en plein air.

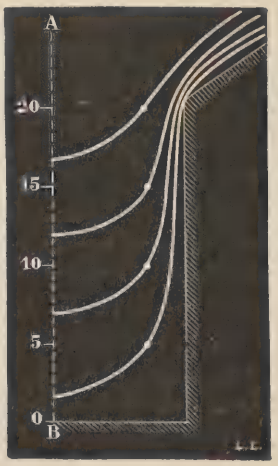


Fig. 1

Il utilisa, de préférence, une flamme à alcool brûlant à l'intérieur d'un cylindre métallique isolé et dans laquelle plongeait un fil de platine.

L'auteur chercha d'abord à élucider la question importante d'une électrisation de l'air pur, en prenant le potentiel dans un espace entouré de toutes parts d'une toile métallique reliée à la terre, afin d'éviter toute induction. Il n'obtint en général aucune trace d'électrisation quand l'air est très pur, mais il constata que des poussières en suspension dans l'atmosphère ou de la fumée, provoquent immédiatement une forte différence de potentiel.

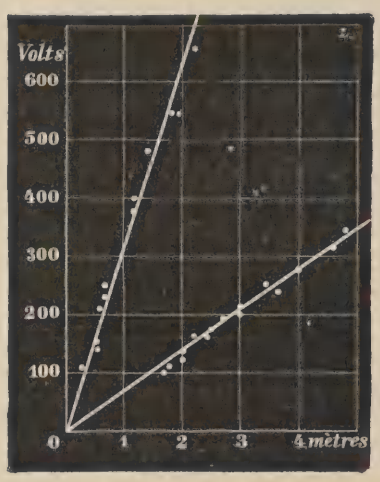


Fig. 2

M. Exner étudia ensuite la forme des surfaces de niveau en mesurant le potentiel de l'air en différents points d'une cour rectangulaire, et il obtint les courbes représentées figure 1. La marche générale de ces surfaces correspond à celles que l'on obtiendrait d'après les lois de l'électrostatique, en supposant que la terre est un conducteur chargé à un potentiel déterminé.

Pour étudier la marche du potentiel avec l'altitude, ce physicien fixa un collecteur à un petit ballon qu'il laissa s'élever à différentes hauteurs par un temps très calme. La mèche incandescente utilisée dans ce cas, était reliée à l'électromètre par un fil de laiton très fin. Les résultats représentés par la ligne A, (fig. 2), montrent que la variation du potentiel est tout à fait linéaire. Celui-ci augmenta d'environ 68 volts par mètre d'élévation dans une large vallée du Salzkammergut ; au sommet d'une montagne de 1870 mètres, cette variation s'éleva à 318 volts par mètre (fig. 2), dans ce cas, naturellement, les surfaces de niveau sont beaucoup plus rapprochées. Au pied d'une haute paroi de rochers, à 5 mètres de celle-ci, on n'a pu constater aucune variation, la

(1) Voir *La Lumière Électrique*, du 13 août 1887.

surface de niveau se trouvant parrallèle à la paroi; un peu plus loin, la différence devient sensible, mais diminue avec la hauteur, car les surfaces se rapprochent de la verticale.

La figure 3 donne un certain nombre de courbes obtenues à l'aide d'un collecteur à flamme et d'un électromètre portatif pendant l'hiver 1884-85, près de Vienne, en rase campagne; le temps était clair, le sol couvert de neige et l'air entièrement pur.

Voici les températures correspondant aux différentes observations :

A	B	C	D	E	F
— 6°	— 5°	+ 4°	+ 10°	+ 15°	+ 16°

La chute de potentiel est toujours linéaire, et

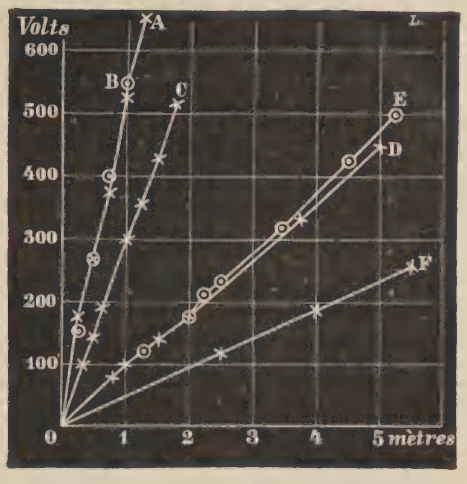


Fig. 2

la variation avec la température est très sensible-l'air se trouvant alors plus ou moins saturé de vapeur d'eau. Les valeurs de la courbe F ont été abaissée par un coup de vent, venant de la ville, et chargé de poussières.

Le tableau suivant indique la variation du potentiel avec la saturation de l'air.

	$t°$	$\frac{dV}{dn}$ en $\frac{\text{Volt}}{\text{Mètre}}$	Eau en grammes par cent.
A	— 6	532	3,1
B	— 5	556	3,3
C	+ 4	292	3,7
D	+ 10	92	5,3
E	+ 15	63	5,7
F	+ 16	48	7,8

La présence de vapeur d'eau dans l'air exerce une très grande influence sur la valeur du potentiel; même par un temps clair, l'approche de masses nuageuses se fait rapidement sentir et, lorsque l'air est très humide, il peut arriver que le potentiel devienne négatif.

Afin d'étudier la force électrique à de grandes hauteur, M. Exner suspendit à la nacelle d'un ballon, deux collecteurs à eau, distants de 2 mètres l'un de l'autre. Entre 400 et 600 mètres, il obtint pour dV/dn une valeur constante de 193, mais ce nombre est probablement trop faible, la marche ascensionnelle du ballon étant trop rapide pour que les collecteurs aient eu le temps de se charger complètement.

M. Exner résume comme suit ses observations, combinées à celles des autres physiciens qui se sont occupés de la question :

III. — *Conclusions*

La plupart des théories imaginées pour expliquer les causes de l'électricité atmosphérique, doivent être abandonnées, car elles se trouvent en contradiction avec un grand nombre de phénomènes. C'est le cas de celles de Nollet, Franklin, Volta, ainsi que de toutes celles qui en dérivent. La théorie de la vaporisation, qui est encore actuellement si répandue, fournit des résultats entièrement opposés aux faits que l'on observe continuellement et doit être rejetée; en effet, le potentiel étant toujours plus élevé quand l'air est sec, la source d'électricité ne peut nullement être cherchée dans la formation de la vapeur d'eau.

Quant à ce qui concerne la théorie d'Edlund, d'après laquelle l'électricité atmosphérique serait une conséquence de l'induction unipolaire de la terre, les conclusions qu'on en tire sont en opposition complète avec l'expérience, tant au point de vue qualitatif qu'au point de vue quantitatif. En outre, l'explication d'Edlund se base sur la conductibilité électrique de l'air humide, fait qui est loin d'être prouvé et nous paraît tout à fait inexact. Les gaz et la vapeur d'eau étant entièrement isolants, il en sera de même de leur mélange; l'eau à l'état de vapeur ne conduit pas l'électricité; elle doit se condenser sur la surface de corps solides pour acquérir cette propriété.

Il ressort en outre des expériences de Blondlot [1], Nahrwold [2] et Morren [3], que l'air ne devient conducteur qu'à une température très élevée où à une pression inférieure à 12 millimètres, Warburg [4] a de plus, démontré l'analogie complète qui existe entre l'air sec et l'air humide, au point de vue électrique.

MM. Luvini et Sohnke cherchent la cause de l'électricité atmosphérique dans le frottement de l'air humide sur des cristaux de glace. Ils doivent supposer l'existence continue, dans les régions élevées de l'atmosphère, de deux courants d'air opposés, l'un entrainant de la vapeur d'eau, l'autre des cristaux de glace. Le premier de ces courants doit, en outre, s'approcher de la terre. Il est difficile de se rendre compte d'un développement d'électricité produit de cette manière, car les surfaces de frottement ne forment qu'une faible partie des masses d'air en présence. On ne comprend pas non plus comment il se fait que la neige soit tantôt positive, tantôt négative, et pourquoi le potentiel de l'air est le plus élevé en hiver.

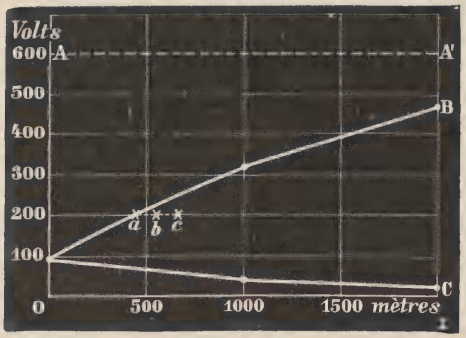


Fig. 4

La seule théorie qui nous paraisse rendre exactement compte des phénomènes observés, est celle de Peltier, qui se base entièrement sur l'induction. Peltier suppose que la terre est électrisée, supposition qui se trouve tout à fait confirmée par les courants telluriques qui parcourent souvent les lignes télégraphiques et que plusieurs savants, entre autres Palmieri [5], Forster [6], Frœlich [1] et Blavier [2], ont étudiés dernièrement.

Cette électrisation terrestre a pour conséquence une densité superficielle qu'on pourra déterminer par la chute de potentiel suivant la normale. Pendant la vaporisation, les molécules d'eau qui constituent la vapeur entraînent avec elles une certaine quantité d'électricité, et en se réunissant dans l'atmosphère, elles changent la valeur du potentiel de l'endroit qu'elles occupent et peuvent même en modifier le signe. Cette influence de la vaporisation ressort de toutes les observations sur les variations annuelles et journalières du potentiel.

Les mesures que l'auteur a effectuées en ballon avaient pour but de déterminer l'influence de la vapeur d'eau par un temps normal. On sait, d'oprès les ebservations de Strachey [3], Welsh et Glaisher, que le degré de saturation de l'air diminue très rapidement avec la hauteur, et qu'à partir d'environ 2000 mètres, on a au-dessous de soi la moitié de l'eau que renferme l'atmosphère. La chute de potentiel sera probablement plus forte à de grandes hauteurs et tendra à une valeur maxima qui sera atteinte au point entièrement privé de vapeur d'eau. Cette valeur sera la même que sur la terre, en un lieu tout à fait sec; on peut l'évaluer à 600 volts par mètre.

Nous supposons donc que l'air ne doive son électrisation propre qu'à la vapeur d'eau, et que celle-ci est électrisée négativement. Si l'on calcule la courbe des chutes de potentiel en partant de la formule fondamentale

$$\frac{d^2 V}{d\, n^2} = -4\pi\rho$$

où ρ est alors égal en valeur absolue à Kp, p étant la tension de la vapeur d'eau et K une constante, et en utilisant pour p la formule de Hann [4], on obtient la ligne B (fig. 4), pour le 6 juin 1885. Ce jour là, des mesures faites en ballon ont donné pour le potentiel les résultats marqués en *a*, *b*, *c*. A A' représenterait cette ligne pour un air complètement privé d'eau, et C le résultat obtenu par la théorie de Volta; celle-ci

(1) *C. R.* XCII.
(2) *Wied. Ann.* V.
(3) *C. R.* LIV.
(4) *Pogg. Ann.* CLV (1872).
(5) *Ann. Oss, Ves.* III (1862-64).
(6) *Elektrotech. Zeitschrift* (1881-1882).

(1) *Elektrotech. Zeitschrift* (1881-1882).
(2) *Études des courants telluriques*. Paris (1884).
(3) *Proc. R. S.* London (1861).
(4) *Zeitschr. fuer Méteor.* IX (1874).

est contredite par l'expérience, car on observe une augmentation de la force électrique avec la hauteur, et non une diminution, ainsi que l'exige la théorie de Volta.

Les surfaces de niveau environnant la terre ne peuvent jamais être sphériques, elles sont plus rapprochées aux pôles que dans les régions équatoriales, car l'air y est moins humide.

Si, comme l'a fait Pellat [1], on calcule la densité superficielle moyenne μ de la terre, en partant de la chute de potentiel observée

$$\frac{dV}{dn} = 600 \frac{\text{volts}}{\text{mètre}}$$

on trouve en unités électrostatiques absolues

$$\mu = 0{,}0016$$

On obtient de même pour le potentiel de la terre

$$V = -4.10^9 \text{ volt}$$

et pour la quantité d'électricité qu'elle renferme

$$M = -10^6 \text{ unités électrostatiques}$$

cette électrisation provient peut-être de la condensation et de la contraction des éléments constitutifs de notre planète et il est facile de voir que l'énergie que représente cette charge est extrêmement faible; si elle était dissipée en chaleur l'élévation de température de la terre en degré C. serait de l'ordre 10^{-10}.

Cette quantité d'électricité si considérable n'exerce sur les corps placés à la surface de la terre, qu'une force répulsive très faible à cause des grandes distances qui séparent les masses électriques.

Supposons que le champ électrique formé par la terre ait une valeur moyenne égale à

$$\frac{dV}{dn} = 600 \text{ volts/mètre}$$

La vapeur d'eau qui s'élève de la surface du sol diminue cette valeur d'une quantité qui doit être proportionnelle au nombre de molécules de vapeur électrisées. Le nouveau potentiel dû à la formation des nuages peut même devenir en valeur absolue, plus élevé que celui de la terre. L'expression dV/dn passera par zéro, et deviendra négative, ainsi qu'on l'a observé plus d'une fois, par un temps couvert ou pluvieux.

La pluie est par conséquent toujours négative, et rend à la terre une quantité d'électricité égale à celle qui en a été enlevée par l'évaporation.

On a prétendu remarquer l'existence de nuages électrisés positivement. Quoique ce fait ne soit pas encore démontré, il est facilement explicable, un nuage peut, en s'évaporant ou en se résolvant en pluie, perdre toute l'électricité qu'il renferme et se charger au potentiel de l'air à cet endroit. S'il s'approche de la terre, la valeur dV/dn augmentera par suite de l'induction, et il agira comme un corps électrisé positivement.

Ce phénomène a lieu d'une manière plus intense pour les nuages formés de neige ou d'aiguilles de glace qui descendent des hautes régions de l'atmosphère. Ceux-ci étant composés de particules conductrices séparées par une substance isolante, possèdent une constante diélectrique qui n'a pas encore été déterminée, et qui s'exprime par la formule

$$K = \frac{2v + 1}{1 - v}$$

v étant la fraction de l'unité de volume occupée par la matière conductrice, qui est ici l'eau.

M. Pellat [1] suppose que par suite de l'induction, la partie inférieure d'un nuage est électrisée positivement et la partie supérieure négativement. En admettant qu'un coup de vent partageât ce nuage en deux moitiés, l'une serait entièrement positive et l'autre négative, et on pourrait expliquer de cette manière, la formation des éclairs, ceci ne peut avoir lieu que si les nuages sont conducteurs, fait qui paraît improbable, car la chute de potentiel dV/dn a toujours été trouvée considérable dans le brouillard ou les nuages.

Depuis A. de Humboldt, on admet que les phénomènes électriques qui accompagnent les orages, sont en relation avec la condensation de petites gouttes de vapeur d'eau en gouttes plus considérables. Les plus petites gouttes d'eau des nuages qui ont pu être mesurées, avaient un diamètre variant entre 0,0001 et 0,015 m. m.

(1) *J. de Phys.* IV (1885).

(1) *J. de Phys.* (2) IV (1885).

d'après Waller [1], 0,016 à 0,033 d'après Dines [2] et 0,018 à 0,035 d'après Assmann [3]. La condensation en gouttes plus grandes, produit en cet endroit une augmentation subite et considérable de la chute de potentiel dV/dn.

Les éclairs jaillissent surtout entre des couches de nuages superposées et presque jamais en direction horizontale. L'aéronaute Wist [4] en compte en moyenne un horizontal pour 50 verticaux. Ceci est très compréhensible, car deux nuages identiques situés à 100 mètres l'un au-dessous de l'autre, auront entre eux, par suite de leur position relative, une différence de potentiel de 60000 volts.

Si l'on suppose que l'électrisation de la terre s'est produite pendant sa formation, il en sera probablement de même du soleil et des autres corps célestes. On a déjà essayé d'expliquer par des attractions électriques, les perturbations que l'on observe dans le mouvement de plusieurs planètes, et entre autre de Mercure.

Cette supposition est encore rendue plus probable par l'analogie entre la marche du magnétisme terrestre et la variation du nombre des taches solaires.

Tous les corps de notre système solaire possèdent probablement une quantité d'électricité négative, proportionnelle à leur masse. Si l'on calcule de cette manière la force électrique à la surface du soleil, on la trouve égale à 16800 volts par mètre. Le champ solaire ne se fait plus sentir sur la terre, qu'avec une intensité de 0,4.

En résumé, M. Exner conclut comme suit :

1° La théorie de l'électricité atmosphérique donnée par Peltier, explique tous les phénomènes observées, et n'est contredite par aucun fait expérimental ;

2° La seule espèce d'électricité existant réellement, est l'électricité négative, c'est-à-dire, tout corps renfermant de l'électricité en excès paraît électrisé négativement ; Ettingshausen [5] et Thompson [6], sont arrivés d'une autre manière à la même conclusion ;

3° Le zéro absolu de l'électricité est à $+ 4.10^9$ volts ; c'est-à-dire, qu'un point infiniment éloigné de toutes masses électriques est à un potentiel de 4.10^9 volts supérieur à celui de la terre.

A. P.

(1) *Ph. Trans.* (1847).
(2) *Naturforscher*, XIV (1881).
(3) *Zeits. f. Meteor.* II (1885).
(4) *Cosmos*, III. (1853).
(5) *Wied. Ann.* XI (1880).
(6) *Phil. Mag.* (1884).

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Le tramway électrique a Brighton. — Des expériences intéressantes de traction électrique, au moyen d'accumulateurs, ont dernièrement eu lieu entre Southwick et West Brighton, sous les auspices du syndicat de traction électrique. La ligne a une longueur de 4 milles et demi et les rails sont placés sur une route macadamisée ordinaire, avec des pentes et courbes parfois très prononcées.

La voiture contenait 80 éléments placés sous les sièges ; chaque élément est censé donner 150 ampères-heures.

La voiture pèse environ une tonne, le moteur également une tonne, les éléments 1,5 et 20 voyageurs 1,5, ce qui donne un poids total d'environ 5 tonnes.

On s'est servi d'un moteur Immisch d'un poids de 250 kilogrammes, et d'un rendement commercial de 70 à 80 o/o. La valeur nominale est de 10 chevaux. La vitesse est de 1000 tours par minute avec une intensité de courant de 40 ampères avec 160 volts.

La vitesse est réduite aux roues dans la proportions de 10 à 1, au moyen de deux chaînes et un contre-arbre. On a choisi un moteur à grande vitesse parce qu'on peut ainsi employer une machine plus légère et réaliser une plus grande économie, malgré le poids supplémentaire du contre-arbre et de ses paliers.

Les anneaux des chaînes sont en acier.

Le conducteur peut lancer le courant ou l'interrompre au moyen d'un coupe-circuit, tandis qu'un commutateur sert à grouper les éléments depuis 80 en série à 40 en série et 2 en dérivation, selon l'énergie dont on a besoin. Il intercale également une résistance dans le circuit quand la

voiture est mise en marche. Les deux séries de balais d'armature sont actionnées par un levier à inversion qui enlève une série et la remplace par l'autre, quand le moteur doit tourner en sens contraire.

Les accumulateurs employés sont de la fabrication de M. Roger Tatham de Rochdale. La matière active est mélangée avec de la pâte de bois, pour la rendre plus poreuse et capable d'un changement chimique rapide.

La vitesse était, pendant les essais, d'environ 8,5 kilomètres à l'heure.

Le syndicat possède également une locomotive électrique destinée à traîner des voitures lourdes. Elle pèse 12 tonnes et porte 168 éléments, chacun de 27 kilos et donnant 70 ampères.

Les moteurs Immisch s'engrènent directement avec les roues par des roues dentées à l'intérieur. Chaque moteur est suspendu à l'un des essieux par un collier et porte sur son axe un pignon en acier. Les dents de ce pignon engrènent avec un anneau denté à l'intérieur, en métal de canon, boulonné à l'intérieur de la roue de la voiture.

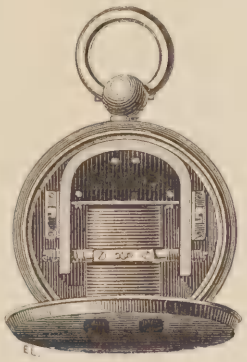
Quand on lance le courant, le moteur a une tendance à tourner autour de l'essieu, mais une tige qui lie le moteur au cadre de la voiture réagit contre ce mouvement. Par conséquent, le seul intermédiaire par lequel la secousse des dents puisse arriver aux passagers est la barre de communication. Un moteur est destiné à chaque essieu.

La décharge moyenne pour un poids de 20 tonnes, y compris la locomotive et les voitures à une vitesse de 13 kilomètres par heure est évaluée à 35 ou 40 ampères par élément.

On croit pouvoir faire avec la locomotive, comme avec le moteur sur la voiture, un trajet de 40 à 48 kilomètres avec une seule charge des accumulateurs.

La lumière étectrique a bord des navires de guerre. — Le vaisseau le *Bellorophon* de la marine anglaise, a dernièrement fait des expériences intéressantes avec la lumière électrique à arc dans la Méditerranée. On a installé à terre un foyer à projecteur, alimenté par la dynamo du navire au moyen d'un câble armé. Un steamer devait essayer d'arriver jusqu'au Bellorophon sans en être aperçu, mais il n'y put parvenir à cause de la lumière projetée du foyer à terre. On a fait d'autres essais pour prouver qn'un navire placé dans les rayons d'un foyer puissant, ne peut être approché secrètement par des bateaux torpilleurs, tandis que la position même du navire serait moins facile à reconnaître pour l'ennemi que dans le cas où les projecteurs seraient installés à bord.

Un voltmètre de poche. — MM. Patterson et Cooper ont dernièrement introduit un petit voltmètre de poche ayant la forme et les dimensions d'une montre. La construction est la même que celle du voltmètre à aimant permanent de MM. Ayrton et Perry, les volts sont indiqués sur un cadran, recouvert d'un verre de montre, au moyen d'une aiguille montée sur rubis. Les fils qui amènent le courant, vont à deux contacts au



dos de la boîte, où ils pénètrent par deux trous, ils sont alors saisis par deux pinces à ressorts.

L'appareil indique de 40 à 120 volts, selon l'enroulement de la bobine. Le type de 40 volts pèse 150 grammes seulement.

Un répétiteur de signaux. — M. A. E. Gilbert, Directeur des Télégraphes de la *Highland Railway C°*, a inventé le répétiteur de signaux de chemins de fers représenté sur la figure 2.

Au poste même du signal, le commutateur est fixé au bras qui porte l'appareil.

Il se compose d'une coulisse *a*, montée sur un axe en *b*. L'axe porte, en outre, un double levier *c*, c_1. Dans la position indiquée (fig. 2), le bras *c* touche une pièce de contact *p*, mais quand on fait basculer le bras *a* d'un angle de 45° ou plus, le levier *c* n'est plus en contact avec *p* et le levier c_1 touche au contraire la pièce de contact p_1. Comme les leviers *c*, c_1 sont reliés à la terre, par la masse métallique du commutateur, il est évident

que, lorsque *a* occupe la position indiquée, un courant passe de la pile E à travers la bobine d'électro A du répétiteur et va par le fil 1 au contact *p*, au bras *c* et à la terre en T_1.

Si *a* est déplacé d'un angle de 90°, ou plus, un courant traverse la bobine d'électro B et va par le fil 2 au contact p_1, au levier C_1 et à la terre; mais si le bras *a* occupe une position intermédiaire, *c* ne sera pas en contact avec *p*, ni c_1 avec p_1, et aucun courant ne passe. La tige P fixée au bras du signal, actionne la coulisse *a*, et comme cette dernière est lourde, elle tomberait et mettrait c_1 en contact avec p_1, dans le cas où le bras du signal serait cassé. L'action du répétiteur par l'intermédiaire des bobines A et B s'explique d'elle-même. La vis S sert à mettre la pile hors du circuit quand le surveillant quitte la cabine, afin d'éviter une perte inutile de courant.

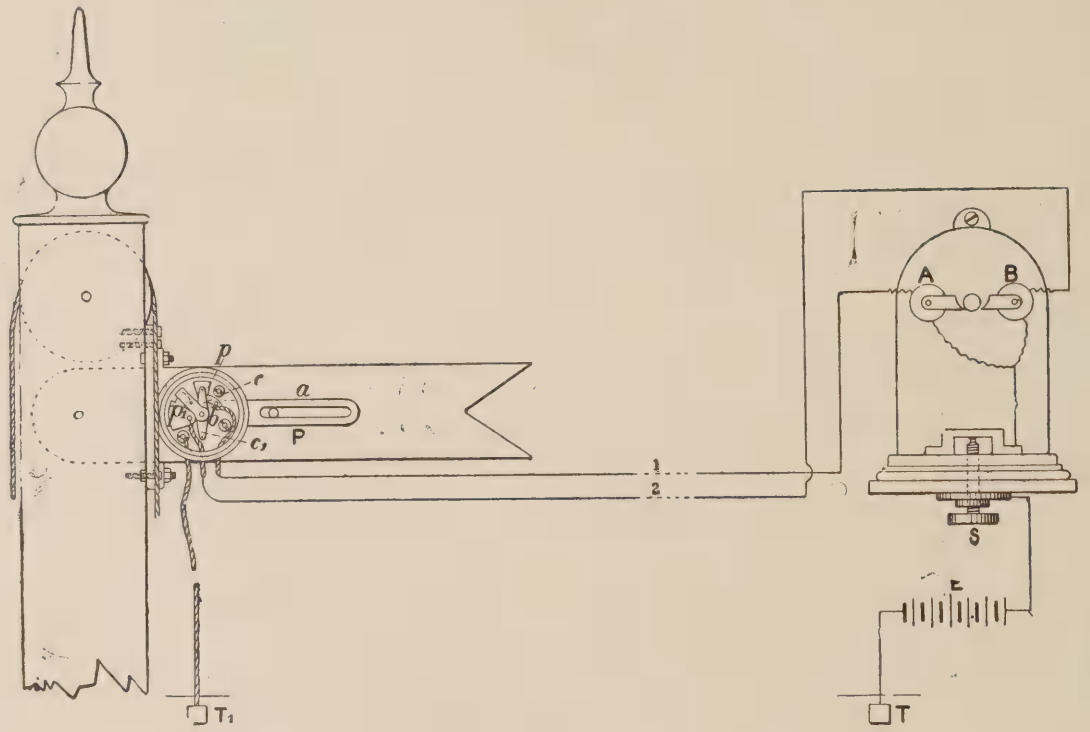


Fig. 2

Ces appareils sont employés sur le chemin de fer du *Highland* en Écosse, et sont construits par MM. Tyer et C° de Dalston Junction.

J. Munro

États-Unis

Petits miroirs pour appareils électriques. — Les expérimentateurs mettent souvent un certain amour-propre à fabriquer eux-mêmes les appareils dont ils se servent ; on a, entre autre, assez souvent à établir des instruments dont les lectures se font par la réflection d'une échelle dans un miroir.

La fabrication de ces petits miroirs est une opération délicate. M. S. B. Williams indique le procédé suivant qui lui a donné de bons résultats.

On prend 5 ou 5 petits verres circulaires tels qu'on en emploie pour les préparations microscopiques ; on les nettoie soigneusement en les frottant avec un petit morceau de coton humecté d'acide nitrique.

On lave ensuite les verres dans une solution de potasse caustique ou d'ammoniaque, et enfin on les lave à grande eau, d'abord avec de l'eau ordinaire et ensuite avec de l'eau distillée. On les

sèche, et on les colle sur du carton ; on découpe ensuite des cercles du tain qui couvre le dos d'un bon miroir, près du bord, par exemple en traçant avec un instrument tranchant et pointu, tout autour d'une pièce de monnaie un peu plus grande que le verre du miroir.

On enlève tout le tain qui sépare le cercle découpé du bord du miroir, et on détache le cercle lui-même du verre, en étendant avec le doigt une goutte de mercure ; on peut alors le faire glisser délicatement sur le verre préparé.

Après avoir placé les cercles de tain sur le verre mince, on les presse doucement avec le doigt. On découpe alors des disques dans un morceau de feuille d'étain d'un diamètre un peu plus fort que le miroir, et on presse sur le dos du miroir. Tout le mercure en excès est ainsi séparé du tain et s'unit avec la feuille d'étain ; on l'enlève en grattant avec le bord d'un canif tranchant.

Une couche de gomme-laque dissoute dans de l'alcool est alors appliquée au dos des miroirs et, quand elle aura séché, les miroirs sont enlevés du carton, en mouillant ce dernier.

L'auteur a employé des miroirs fabriqués de cette manière, pour ses galvanomètres et électromètres ; si l'on se sert d'une lentille biconvexe, ils donnent une image excellente d'un cheveu, à une distance d'un mètre environ du miroir.

Ces miroirs suffisent pour tous les cas, sauf lorsqu'il s'agit d'avoir un miroir extrêmement léger, comme pour un galvanomètre astatique de Thomson, et dans ce cas, il faut employer l'argenture.

Nouvel annonciateur. — Le lapin d'annonciateur représenté par la figure 1 a été imaginé par

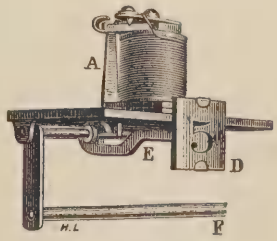


Fig. 1

M. Vilet et Cie, qoi l'employent dans leurs appareils.

Le lapin D fixé verticalement à l'extrémité du levier E, qui est retenu par un petit crochet faisant partie de l'armature. Le lapin tombe par son poids lorsque l'électro est excité.

La tringle F, à la partie inférieure, sert à ramener le lapin dans sa position normale.

Filtre électro-magnétique pour l'huile de graissage. — Dans les stations centrales de lu-

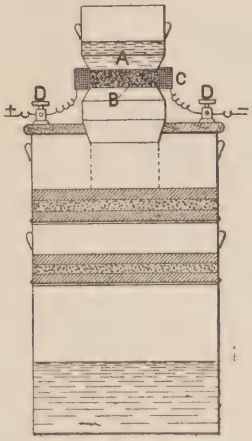


Fig. 2

mière électrique ainsi que dans d'autres endroits où fonctionnent des machines demandant à être constamment lubréfiées, on réalise une grande économie en utilisant l'huile autant de fois que possible. Il est cependant nécessaire après chaque application, de débarrasser l'huile des impuretés ramassées pendant le passage à travers les coussinets. M. C. F. Dunderdale, a imaginé à cet effet un appareil très utile dont nous voulons dire quelques mots.

Ainsi qu'on le voit sur la figure 2, le filtre est de forme cylindrique muni d'un couvercle en bois qui supporte un petit cylindre A rétréci au milieu ; autour de cette partie est enroulée une bobine de fil C reliée aux bornes DD. A l'intérieur, et dans cette partie rétrécie, on a déposé sur un diaphragme préparé, une couche de limaille de fer B d'une épaisseur de 50 à 75 millimètres. Le courant, qui traverse la bobine, aimante la limaille dont chaque particule devient un électro-aimant minuscule.

En traversant cette limaille, l'huile y abandonne d'après l'inventeur, toutes les particules de fer qu'elle contient et qui sont attirées par la limaille aimantée. L'huile traverse ensuite un autre filtre composé de feuilles épaisses de feutre avec une

couche intermédiaire de sciure fine et arrive enfin au fond du réservoir libre de toute impureté, et prête à être employée immédiatement.

Ce petit appareil est construit par l'*Électric Filter C°* de Chicago.

J. Wetzler

VARIÉTÉS

Le procès Zipernowsky, Déri et Blathy contre MM. Gaulard et Gibbs

On se rappelle qu'à la suite de l'exposition d'électricité de Turin, qui fut un triomphe pour notre ami M. Gaulard ; trois ingénieurs électriciens attachés à la maison Gantz de Buda-Pesth, eurent l'idée de faire, eux aussi, de la distribution de lumière électrique au moyen d'appareils d'induction.

Ils obtinrent des résultats assez satisfaisants, pour trouver des commanditaires puissants, tandis que M. Gaulard s'évertuait à convaincre le monde savant de la réalité du rendement tout à fait invraisemblable, 95 o/o, de son générateur secondaire ; une polémique scientifique s'engagea un peu partout pour savoir si l'on devait dire : *générateur secondaire* ou : *transformateur d'énergie électrique*. Bien qu'il n'y ait, en apparence, qu'une question de mots, nous pensons que générateur secondaire correspond mieux à la réalité des faits, puisque l'énergie de l'inducteur *engendre* l'énergie de l'induit, sans subir *elle-même* une transformation.

Une tempête de jalousie similaire de celle dont fut honoré jadis M. Marcel Deprez grondait autour de M. Gaulard et servait la cause de ses imitateurs. Mais tout a une fin. Battus en Amérique par MM. Westinghouse and C°, concessionnaires des brevets Gaulard, MM. Zipernowsky, Déri et Blathy ont essuyé une nouvelle défaite à Berlin, où la Commission impériale des patentes a déclaré nulles les prétentions des trois électriciens réunis à un brevet quelconque.

Rappelons, pour l'intelligence de ce qui va suivre, que les générateurs Gaulard sont caractérisés par deux hélices plates juxtaposées et isolées par des hélices en papier paraffiné ; ces deux hélices, l'hélice inductrice et l'hélice induite, sont identiques et disposées comme les bobines d'un électro-aimant ordinaire en fer à cheval.

L'armature est faite avec des fils de fer doux isolés les uns des autres et dont l'ensemble a l'aspect classique d'un cylindre recourbé en U.

Quand les deux hélices sont intégralement comprises dans chacun de leur circuit, il n'y a pas de différence entre le phénomène inducteur et le phénomène induit ; les variations (intermittences ou alternances) du circuit inducteur semblent se refléter et se reproduire synchroniquement dans le circuit induit, et on retrouve dans ce dernier, à 5 o/o près, les mêmes volts et les mêmes ampères qui avaient été dépensés dans le circuit inducteur ; mais si, profitant de ce que chaque spire d'hélice porte une oreille qui la relie à la spire suivante, on groupe ces spires de façons diverses, les résultats sont tout différents.

Prenons un exemple, pour fixer mieux les idées : supposons qu'au moyen d'une machine alternative du genre Clark, on dépense dans l'hélice inductrice du générateur secondaire 100 watts à la seconde, représentés par ce qu'on appelle, très improprement selon nous, un *courant alternatif* d'une énergie de 100 watts ayant une tension de 50 volts et une intensité de 2 ampères.

Supposons que les spires de l'hélice induite soient divisées en dix groupes égaux attelés en dérivation, on aura, électriquement parlant, réduit à son dixième la longueur de l'hélice induite et, par contre, on aura décuplé sa section et l'énergie électrique recueillie dans le circuit sera encore, à 5 o/o près, de 100 watts, mais les ampères seront décuplés, tandis que la force électromotrice sera réduite au dixième et on aura, à la perte près, ce qu'on est convenu d'appeler vulgairement un courant de vingt ampères et de cinq volts.

En renversant le rôle des hélices, c'est-à-dire, en mettant l'hélice sectionnée, dont les spires partielles sont par conséquent attelées en dérivation dans le circuit de la machine, et en mettant alors l'hélice non sectionnée dans le circuit induit, on retrouve encore le même nombre de watts, mais cette fois, la force électromotrice est décuplée, elle atteint 500 volts, tandis que l'intensité est réduite à 0,2 ampère.

Ce transformisme des watts dans le circuit induit est la consécration logique de la théorie exposée par nous dans *La Lumière Électrique*, p. 422, année 1885.

L'appareil de génération secondaire breveté valablement par M. Gaulard, a été assimilé par ses adversaires à une bobine de Ruhmkorff, ce à quoi M. Gaulard répond : « Employez tant que vous voudrez la bobine de Ruhmkorff, les phénomènes d'induction des spires d'un même circuit entre elles transformeront l'énergie électrique en chaleur, et je vous attends au rendement ».

MM. Zipernowsky, Deri et Blathy ont adopté, comme appareil d'induction, l'anneau Gramme, en utilisant alternativement les segments de l'anneau comme bobines inductrices et comme bobines induites, imitant ainsi de fait les appareils Gaulard, où les masses induites sont égales aux masses inductrices et sont disposées symétriquement par rapport au champ magnétique commun.

En agissant ainsi, MM. Zipernowsky, Deri et Blathy ont imité servilement les caractéristiques sus-mentionnées du brevet Gaulard et c'est à cette imitation qu'a été du le succès relatif de leurs premières applications.

La différence d'aspect de leur appareil, qui rappelle vaguement l'anneau de Paccinotti, n'avait trompé ni les tribunaux américains, ni les tribunaux anglais, ni la Cour des brevets allemands ; et l'on est stupéfié de voir que ces trois imitateurs aient eu, l'audace de venir à Tours, où les générateurs Gaulard sont employés, chercher querelle à M. Naze, concessionnaire pour Tours des brevets Gaulard ; ils ont remarqué que les générateurs Gaulard n'étaient pas toujours attelés en tension, mais quelquefois en dérivation, et sous prétexte que dans leur brevet S. G. D. G. ils avaient mentionné la *mise en dérivation* de leurs appareils, ils ont actionné M. Naze en contrefaçon, appelant à leur aide un des plus habiles avocats du barreau de Paris, Me Pouillet, assisté de M. Armengaud aîné, ingénieur-conseil.

Ce gros procès, qui visait surtout M. Gaulard, vient d'être plaidé et MM. Zipernowsky, Deri et Blathy ont été impitoyablement déboutés et condamnés à une foule de dépens.

Me Adrien Huart, avocat de M. Gaulard, assisté de l'ingénieur Albert Cahen, a su, sans qu'il y ait eu lieu à expertise, expliquer au tribunal que l'anneau de MM. Zipernowsky, Deri et Blathy avait été breveté avant eux par le Dr Hopkinson, qui depuis s'est rallié au système de M. Gaulard, et il a trouvé pour défendre son client de l'accusation de contrefaçon, un argument devant lequel toute l'éloquence de Me Pouillet a sombré.

« L'attelage en tension des générateurs électriques, a dit Me Huard, c'est-à-dire à la file l'un de l'autre, est connu depuis Volta ; l'autre mode d'attelage, l'attelage de front, dit attelage en dérivation, est pratiqué depuis la même époque et il n'y a que ces deux modes d'attelage : ils sont nés tous deux le jour où on a accouplé deux piles ».

M. Gaulard n'était pas tenu de mentionner dans son brevet, un mode d'attelage quelconque, puisque les deux seuls modes connus ont toujours été du domaine public et que l'on n'imagine pas un cocher brevetant l'attelage de ses chevaux à la file l'un de l'autre, c'est-à-dire en tension, ou brevetant leur attelage de front, c'est-à-dire en dérivation.

« MM. Zipernowsky, Deri et Blathy, a dit Me Huart, revendiquent aujourd'hui l'emploi des générateurs secondaires en dérivation ; si d'autres ingénieurs revendiquaient demain dans un brevet S. G. D. G. le mode d'attelage en tension pour les mêmes générateurs, M. Gaulard ne pourrait donc plus employer les générateurs qu'il a inventés, ce serait le comble de l'absurde. »

Que MM. Zipernowsky, Deri et Blathy, attellent leur propre énergie en tension ou en dérivation, ils auront bien de la peine à se faire pardonner la mauvaise chicane qu'ils s'étaient mis au moins trois à jeter dans les jambes de M. Gaulard. Le plus sage pour eux serait de se faire oublier.

Si l'on compare le système Gaulard au système Marcel Deprez, comme distribution d'énergie, on trouve une analogie évidente, puisque les deux systèmes consistent à produire d'abord une très haute tension, facile à distribuer sur un très long circuit, dans de nombreuses stations où l'énergie est recueillie par des dynamos, dans le système Marcel Deprez, par des générateurs secondaires dans le système Gaulard.

Si les stations ont besoin d'énergie mécanique quelconque, c'est au système Marcel Deprez qu'on donnera la préférence, mais s'il ne s'agit, au contraire, que d'éclairage, on préfèrera un générateur Gaulard, silencieux, immobile et par conséquent inusable.

Cette solution ne peut faire de doute aujourd'hui pour personne.

J. Bourdin.

RÉSUMÉ DES

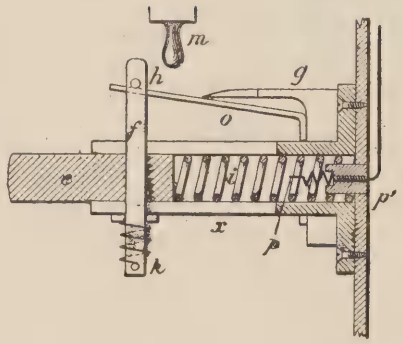
BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

178886. — SOCIÉTÉ DES SIGNAUX MAGNÉTIQUES (addition 11 février 1887) PERFECTIONNEMENT APPORTÉ AUX BOUTONS DE SONNERIES MAGNÉTIQUES.

Le présent bouton, dont la coupe longitudinale est dessinée ci-contre répond à ce but : adapter une seule sonnerie à plusieurs boutons.

Comme ceux que renferme le brevet auquel il est ad-



joint, il se compose d'un tube fendu *x* fixé à une paroi en bois et contenant un bouton *e*, auquel est fixée la butte *f* devant attaquer l'extrémité *m* de l'appel magnétique.

Lorsqu'on veut appeler, et qu'on pousse avec le doigt la tige *e*, en comprimant le ressort *i*, la goupille *h* monte sur le plan incliné *g*, le bouton *m* de l'appel est entrainé et au moment où il va échapper par suite de la chûte de la goupille *h* dans l'ouverture pratiquée dans la lame *g*, la tige *e* vient toucher le petit ressort *p* placé dans une douille en bois.

Comme à ce ressort un fil conducteur est fixé, la fermeture de ce circuit permet la manœuvre d'un signal annonçant de quel poste l'appel est parti.

Naturellement ce dispositif n'est pas le seul revendiqué par la présente addition : il y a aussi d'autres boutons de forme analogue, répondant au même but.

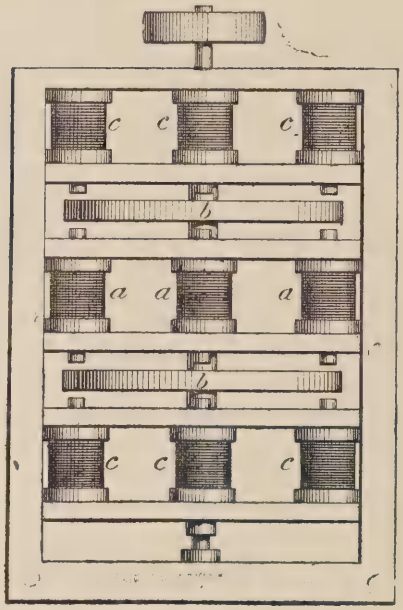
181007. — MAICHE (Addition ; 12 février 1887). — SYSTÈME DE MACHINE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE SIMPLIFIÉE.

Ici, la présente figure est celle d'un dispositif que M. Maiche ajoute au brevet 181007 relatif à une machine *très*, ou mieux, *trop* simplifiée, qui a donné lieu à la méprise que nos lecteurs connaissent.

Naturellement, le perfectionnement nouveau rentre toujours dans le même ordre d'idées ; simplification à outrance.

M. Maiche s'étant sans doute aperçu que sa machine ne donnait pas grand'chose, a eu l'idée d'augmenter le nombre de bobines et d'utiliser une partie du courant pour renforcer le champ.

A cet effet, il imagine la disposition que l'on voit ; une sorte de tour Eiffel, composée, d'un nombre quelconque



de bobines *a a a a*, *c c c c*, alternant avec des aimants *b*, montés sur un même arbre. Le nombre des aimants comme celui des bobines, n'est pas limité, bien entendu, et nous attendrons pour faire savoir ce que donne un pareil engin, qu'un rédacteur du *Figaro* veuille bien nous dire ce qu'il en pense.

181568. — SOUDAN (15 février 1887). — ACCUMULATEUR D'ÉLECTRICITÉ.

Il y a beaucoup de choses dans l'accumulateur Soudan. Il se compose en effet, de deux lamettes perforées, d'une pâte composée de résine, de colle, d'huile de lin cuite et de glycérine pure.

Ces lamettes sont séparées entre elles par une plaque de phosphate de chaux naturel, et le tout est enfermé dans une sorte de filet de plomb, dont les mailles sont remplies

d'un liquide gélatineux contenant du minium en suspension.

La composition du cataplasme en question est la suivante :

Résine et colle	75 o/o
Huile de lin cuite (brulée même).	15 o/o
Glycérine pure	10 o/o

Avec cette pâte chauffée, des plaques de un demi-centimètre sont préparées, et après avoir mis en elles une lamette de phosphate de chaux, on les glisse dans un filet de plomb auquel on ajoute extérieurement le minium gélatineux.

Les éléments ainsi constitués et groupés comme il convient, sont plongés dans un bain salin; mais il faut aussi, précaution importante selon l'auteur, donner à l'appareil une enveloppe totale faite avec de la cellulose de noix de coco.

C'est ainsi que l'accumulateur Soudan a tous les avantages, durée, solidité, grande surface, faible poids, etc.

181569. — De GOYON, duc de FELTRE (15 février 1887). — Dispositions spéciales pour les démontages, montages et transport des plaques d'accumulateur.

Nous avons déjà signalé un brevet curieux, pris par le duc de Feltre (qui ne fait qu'un avec M. de Goyon, contrairement à ce que nous avions cru jusqu'ici), en collaboration avec notre éminent ami Raoul de l'Angle Beaumanoir.

Cette fois, le duc est seul invénteur, et le comte de l'Angle Beaumanoir, seulement représentant, a rédigé de sa main, en poète distingué qu'il est, le brevet que voici, où nous avons reconnu sa sympathique écriture.

Le texte en est d'ailleur très court, et voici presque textuellement ce que nous avons lu.

« L'Invention présente consiste dans l'emploi d'un cadre formé par trois côtés pleins en bois, et par un quatrième composé de deux lames, l'une en bois, l'autre en métal. Cette plaque métallique est boulonnée sur le cadre; elle y constitue sur le quatrième côté une rainure où se placera la plaque d'accumulateur maintenue par des cales, et de la sorte, le démontage, le montage et le transport des plaques d'accumulateurs sera simplifié. »

Quoique nous ne voulions pas insister, nous n'hésitons pas cependant à recommander particulièrement cette ingénieuse invention à l'attention de nos lecteurs.

181525. — FAVET (16 février 1887). — Appareil électrique dit « télégnose » pour prévenir les accidents de chemin de fer.

Le brevet de M. Favet lui a été inspiré, certainement par une bonne pensée, et nous ne voudrions pas faire une critique malsaine, désourager les inventeurs qui appliquent leur génie à la protection de ceux de leurs semblables, qui voyagent en chemin de fer; pourtant nous ne pensons pas que le cas actuel, le danger des rencontres de trains, comme celui des déraillements, soient désormais évités.

Voici ce qu'en effet M. Favet s'est dit :

« Si dans chaque locomotive je place une pile et une sonnerie, de telle sorte que, si deux locomotives se trouvent sur les mêmes rails, la pile de l'une soit reliée par la voie à la sonnerie de l'autre et réciproquement; lorsque deux trains par mégarde marchant en sens inverse seront à une distance de quelques centaine de mètres, la résistance du circuit n'étant plus assez grande, les sonneries fonctionneront et chaque mécanicien pourra arrêter sa machine.

De même pour éviter les déraillements, si je mets l'aiguille en circuit avec une pile et la terre et l'un des rails, et que la sonnerie des locomotives soit réunie d'un point à ce rail et de l'autre à la terre; lorsque le train approchera du croisement des voies, la sonnerie viendra l'avertir si la manœuvre de l'aiguille n'a pas été convenablement faite, etc.

Enfin, en généralisant ce système, je puis monter la sonnerie des postes entre un rail et la terre, de manière à ce que le train portant ses piles s'annonce de lui-même à une distance dépendant du nombre d'éléments dont la locomotive aura été pourvue. »

C'est après ces réflexions que M. Favet rédigea lui-même le brevet 181525, et se trouve avoir inventé le télégnose.

181577. — NERLINGER (16 février 1887.) — Une combinaison de lampes electriques servant a transmettre des signaux.

Ce brevet n'est malheureusement pas tout à fait assez clair, pour que nous puissions en donner une explication très détaillée. L'invention réside particulièrement en un commutateur spécial, composé de deux claviers placés l'un au-dessus de l'autre, et réunis par des tiges et barres transversales articulées.

Chaque touche du clavier supérieur correspond à une combinaison de touches du clavier inférieur, de telle sorte qu'avec 13 touches haut et bas, et 13 lampes on puisse allumer ces dernières dans un ordre assez varié pour obtenir tous les signes de l'alphabet.

181570. — CLEMANÇON (16 février 1887). — Portant électrique ou au gaz ou a l'huile pour l'éclairage de scène pouvant donner plusieurs couleurs.

Le portant de M. Clémançon qui est électrique si l'on veut, est un portant ordinaire en bois, auquel sont accro-

chées les lampes électriques ou à l'huile, ou les becs de gaz.

Ces lampes quelqu'elles soient, sont encore protégées par un grillage, comme cela est établi partout à Paris et ailleurs, et enfin, si le portant est électrique, il a ceci de particulier, qu'il est rainé dans toute sa longueur pour permettre le logement des fils conducteurs du courant.

Voilà pour la première partie de l'invention : *Portant électrique ou au gaz*.

La deuxième partie : *Pouvant donner plusieurs couleurs* est réalisée par le dispositif suivant :

Au portant est adjoint un cadre métallique, composé de deux tiges régnant sur toute la hauteur et réunies par des traverses en plusieurs points.

A ce cadre sont fixés des demi-cylindres de gélatine rouge et bleue, qui normalement sont placés sous les lampes ; mais comme le cadre peut glisser le long du portant, et être maintenu en position par un petit crochet, il suffit pour les changements de scène, de relever le tout plus ou moins pour colorer la lumière en bleu ou en rouge.

181790. — ALBOUY (17 février 1887). — NOUVELLE APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ DESTINÉE A PRÉVENIR LES ACCIDENTS DE CHEMIN DE FER.

Si vous voulez que nous vous disions la vérité, eh bien nous n'avons pas compris grand chose au brevet de M. Albouy. D'abord, la courte description qu'il contient brille surtout par une absence complète de clarté, et en second lieu, l'inventeur n'est pas bien sûr de la réalisation possible du dispositif qu'il revendique.

En effet, il donne à son texte la forme interrogative, et, à vrai dire, au lieu d'inventer réellement, il sollicite l'invention. C'est incontestablement fort aimable de sa part, mais cela ne fera pas faire probablement un très grand pas à la question.

Ne pourrait-on pas dit-il, établir dans le fourgon de chaque train, un poste télégraphique, relié à chaque station par un conducteur suivant les rails ?

Ne serait-il pas possible également, par ce conducteur de réunir télégraphiquement deux trains placés sur la même voie ?

N'y aurait-il pas un intérêt très grand, à placer sur chaque locomotive un cadran, dont l'aiguille serait mûe par le mouvement des roues d'un autre train roulant sur les mêmes rails ?

Nous ne savons pas M. Soudan, s'il y aurait avantage ou non. C'est possible, mais ce qu'il y a de certain, c'est que, permettez-nous l'expression, nous n'avons vu que du bleu à la description que vous avez essayé de faire.

181640. — GERBOZ (18 février 1887). — BOUTON ÉLECTRIQUE A VOYANT MU MÉCANIQUEMENT POUR LA SÉCURITÉ DES VOYAGEURS EN CHEMIN DE FER.

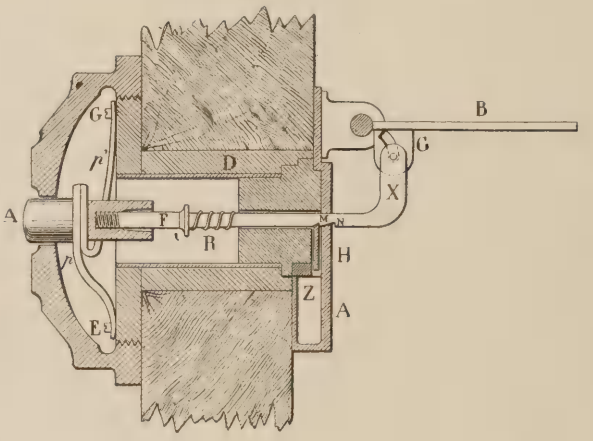
Cette fois, c'est d'un autre genre de sécurité qu'il sagit: la rencontre des trains n'est plus en cause, et le bouton que présente M Gerboz est un bouton d'alarme devant être appliqué à chaque wagon pour servir à ce que vous savez.

La coupe ci-contre est celle de l'appareil en question.

Il se compose de deux parties : l'une, qui est un bouton électrique A, fixé à l'intérieur de la voiture, l'autre, formée par un voyant à charnières B placé à l'extérieur.

Dans une douille métallique D, traversant l'épaisseur de la paroi du wagon, peut se mouvoir une tige F terminée par un about courbé X, qui manœuvre, par l'intermédiaire d'une glissière G, le voyant B.

Les ressorts *p p'* sont des contacts électriques actionnant



une sonnerie placée dans le fourgon, mais en même temps qu'on ferme le circuit en poussant le bouton A, la tige F, qui manœuvre le voyant, ne peut plus revenir en arrière, à cause d'une équerre H, qui vient se loger dans un cran M,

Par suite, le signal une fois donné, la sonnerie ne cesse, et le bouton ne peut être ramené à l'état normal, qu'après qu'un employé a, au moyen d'une clef, dégagé l'équerre H du cran M et permis au ressort R de se détendre.

Toutes les compagnies de chemins de fer font, depuis longtemps, usage d'appareils de ce genre ; le reproche qu'on peut faire à celui-ci, c'est de se distinguer trop peu de ceux qui sont actuellement en service.

(A suivre)

P. CLEMENCEAU

FAITS DIVERS

M. Ch. Aug. Paillard, de Genève, a trouvé un nouveau mélange qui se compose principalement de palladium, de cuivre et d'acier, ou bien de palladium, de cuivre et de nickel.

Ces métaux sont mélangés avec le rhodium, l'or l'argent et la platine en petites quantités pour en faire une masse dure, non magnétique et ne se rouillant pas, surtout applicable à la fabrication des organes des montres. M. Paillard a essayé un grand nombre de proportions de mélange dont nous en citerons que deux :

1°	Palladium	72
	Rhodium	1
	Platine	0,5
	Or	1,5
	Argent	6,5
	Cuivre	18,5
		100
2°	Palladium	72
	Platine	0,5
	Argent	7
	Nickel	2
	Cuivre	18,5
		100

L'église de Saint-Bride, dans Fleet-Street, à Londres a été frappée par la foudre la semaine dernière. Grâce aux paratonnerres, la tour n'a pas beaucoup souffert, mais plusieurs appareils téléphoniques et télégraphiques dans le voisinage ont été endommagés.

Le 17 juillet dernier un incendie violent s'est déclaré dans l'usine de l'« United States Electric Light C° », à Newark, dans l'Etat de New-Jersey. Les dégats s'élèvent à une somme de 1,250,000 francs couverts par une assurance. C'est surtout le départemeut des lampes à incandescence qui a souffert, et plus de 300 employés sont sans travail. La Compagnie va immédiatement commencer la reconstruction de l'usine.

Un nouveau chemin de fer électrique est actuellement en construction entre Bilbao et Santurce.

Il vient de se former à Montreal, une compagnie au capital de 500,000 francs, pour la construction d'une canalisation souterraine pour tous les conducteurs électriques de la ville.

L'« Electrical World », de New-York, annonce que la ville de Buffalo se propose de recueillir par des souscriptions une somme de 500,000 francs, qui formera un prix à décerner à l'inventeur américain ou étranger, qui aura présenté le meilleur plan ou dispositif pour l'utilisation des chutes du Niagara.

La Société électrique de New-York, qui tiendra une Exposition d'électricité cet automne, dans les locaux de l'*American Institute*, au coin de la 3° avenue et de la 63° rue, vient de publier le formulaire des demandes d'espace

La Société a reçu des demandes pour plus de 10,000 pieds carrés d'espace, et pour plus de 500 chevaux d'énergie avec la promesse formelle d'une exposition de 2,000 lampes à incandescence, 150 foyers à arc, environ 2,500 moteurs, plusieurs accumulateurs et 3 chemins de fer électriques, sans parler d'un grand nombre d'inventions diverses.

Ceci suffirait déjà pour constituer une exposition intéressante, digne de la Société et de la science qu'elle représente, mais comme l'on reçoit journellement de nouvelles demandes, il est probable qu'on arrivera à réunir la collection la plus riche d'appareils électriques qui ait jamais été vue dans les Etats-Unis.

Il ne faut cependant pas trop s'en étonner, car l'Exposition annuelle de l'*American Institute* attire régulièrement près de 500,000 personnes, et New-York est facilement accessible, de même que la ville contient un grand nombre d'industries électriques. Le prix des emplacements est très modéré et la vapeur sera fournie à titre gratuit.

La Société a classé les objets exposés en six sections qui comprennent :

Section I

Production de l'électricité

1. Machines dynamo et magnéto-électriques.
2. Piles primaires.
3. Appareils thermo-électriques.
4. Appareils d'électricité statique.

Section II

Appareils demandant des courants puissants

1. Moteurs électriques et transmission de force.
2. Chemins de fer électriques.
3. Accumulateurs.
4. Eclairage électrique.
5. Métallurgie électrique et électro-chimie.
6. Applications diverses de courants puissants.

SECTION III

Appareils demandant des courants comparativement faibles

1. Signaux d'incendie, annonciateurs, contrôleurs de ronde, sonneries électriques, etc.
2 Télégraphes électriques, téléphones, microphones, photophones, radiophones et autres appareils de communication électrique.
3. Enregistrement électrique et appareil à signaue.
4. Applications de l'électricité aux arts mécaniques.
5. Applications de l'électricité au chauffage et à la ventilation.
6. Horloges électriques et distribution électrique de l'heure.
7. Appareils de tout genre pour l'électricité médicale.
8. Applications de l'électricité aux appareils imprimeurs.
9. Jouets électriques.
10. Applications diverses des petits courants.

SECTION IV

Conducteurs électriques

1. Conducteurs pour la lumière électrique et la transmission électrique.
2. Fils et câbles télégraphiques et téléphoniques.
3. Matières isolantes, communications et bornes électriques.
4. Systèmes souterrains de conducteurs électriques.

SECTION V

Appareils de mesures électriques

1. Voltmètres et ammètres.
2. Galvanomètres, rhéostats, etc.
3. Condensateurs, commutateurs, clefs, etc.

Les préparatifs de cette exposition sont poussés activement.

Un inventeur américain M. N. W. Merritt, de Somerville, dans l'Etat de Massachusetts, vient de faire breveter une nouvelle composition pour l'isolation des fils et appareils électriques.

Le nouvel isolant est tout à fait flexible tout en pouvant résister à un effort considérable, il se maintient dans le même état pour des changements modérés de température, mais devient liquide à une température élevée. La composition se fait de la manière suivante : on ajoute un quart d'eau à deux livres de silicate de soude, on mélange ensuite avec une livre de goudron et on chauffe le tout, on verse dans la masse quatre livres d'amiante en poudre et une once de sucre; quand tous ces ingrédients son bien incorporés on ajoute trois grammes d'acide azotique dilué dans de l'eau chaude; cette composition peut également être employée comme ciment.

Les inconvénients et les dangers résultant des fils aériens ont amené une entente entre le Conseil municipal de la ville de Mexico et les Compagnies d'électricité suivant laquelle la ville s'engage à faire installer de grands poteaux comme cela a été fait à la Nouvelle Orléans, et sur lesquels les fils de toutes les Compagnies seront placés. Chaque Compagnie paiera une redevance annuelle à la ville.

Éclairage Électrique

Le « Figaro » annonce que la lumière électrique fonctionnera à partir du 1er janvier 1888, à Paris, dans les théâtres suivants :

Opéra, Comédie-Française, Odéon, Vaudeville, Palais-Royal, Gymnase, Renaissance, Porte-Saint-Martin, Ambigu, Folies-Dramatiques, Nouveautés, Chatelet et Variétés.

MM. Siemens et Halske ont été chargés d'installer la lumière électrique dans la gare de Francfort-sur-Mein. Le courant sera fourni par 13 machines dynamo.

Les autorités municipales de Barmen, en Allemagne, ont décidé de faire installer la lumière électrique au centre de la ville. La première installation comprendra 5,000 lampes à incandescence alimentées par une station centrale. Les frais sont estimés à 500,000 francs environ.

Voici quelques nouveaux détails sur l'installation de l'usine centrale de lumière électrique, à Salzbourg, en Autriche, dont nous avons déjà entretenu nos lecteurs. Les conducteurs du système Siemens sont presque entièrement posés dans les rues, et l'on espère pouvoir inaugurer le service très prochainement.

Le tarif adopté par la Société pour la vente de la lumière est basé sur la quantité de courant que consomme par heure une lampe à incandescence Siemens et Halske de 16 bougies. Le prix de cette lampe-heure a été fixé à 0 fr. 10. Le nombre des heures d'éclairage est relevé au moyen d'un compteur électrique.

Les lampes à incandescence, qui ont une intensité lumineuse supérieure à 16 bougies, sont taxées proportionnellement à leur consommation d'électricité : la lampe de 25 bougies revient, par heure à 0 fr. 15 et celle de 35 bougies à 0 fr. 20.

Sur ces prix, la Compagnie accorde un rabais, qui varie de 5 à 25 o/o, proportionnellement au nombre d'heures d'éclairage.

Quant aux lampes à arc, elles sont payées par heure, à raison de :

o fr.	30	pour une	intensité de	400 à	500	bougies
o	45	—	—	600	700	—
o	60	—	—	800	900	—
o	50	—	—	1.400	1.600	—

Les lampes à arc ne doivent être employées que par couples : les abonnés qui n'en prendront qu'une seule, paieront le même prix que pour deux. Les charbons sont fournis par la Compagnie et reviennent de o fr. 07 à 0,15 par lampe et par heure.

Comme compteurs électriques, on n'emploie que des appareils contrôlés et autorisés par une Commission de vérification nommée par la municipalité. Ces compteurs sont loués à l'année à raison de :

37 fr.	05	de 1	à 10	lampes
49	40	10	25	—
74	10	25	50	—
98	»	50	100	—

La Compagnie a le monopole exclusif de l'éclairage électrique à Salzbourg.

L'éclairage électrique la ville de Breme, sera mis en adjudication, le 10 septembre prochain.

Notre confrère « La Electricidad » de Barcelone, publie les renseignements suivants sur l'installation de l'éclairage électrique, à Montevideo, qui comprendra au commencement 1000 lampes de 12 bougies, presque toutes du système Cruto.

Le contrat de la ville avec la Compagnie du gaz ayant expiré, la nouvelle société propose d'éclairer les rues avec des lampes à incandescence, dont elle a déjà installé 25 à titre d'expérience. Ces expériences ont fort bien réussi.

D'autre part on parle d'introduire le système Brush au moyen de grandes tours installées dans les rues ; mais aucune expérience n'a été faite, et comme la ville est en procès avec les promoteurs de ce système, il est probable que la préférence sera donnée à l'autre société.

Les rues de la ville de Panama sont maintenant éclairées à la lumière électrique.

La Compagnie Thomson-Houston va commencer à partager avec les Compagnies Brush et Weston, l'honneur de fournir l'éclairage électrique des rues de New-York.

Les commandes faites à cette Compagnie par la ville, s'élèvent à 2250 lampes pour commencer avec la perspective d'une nouvelle commande de la même importance.

Télégraphie et Téléphonie

Notre confrère l' « Electrician » de Londres, annonce que le steamer le « Scotia », appartenant à la « Construction and Maintenance C° » de cette ville, vient de terminer la pose du nouveau câble de Lands Eur à Lisbonne, et de là à Gibraltar. Ce câble sera continué jusqu'à Malte et Zante, en Grèce, et fournira ainsi à l'Angleterre une nouvelle ligne vers les Indes, qui ne touche à aucun autre pays étranger que le Portugal, et en cas de difficulté avec ce pays il serait facile d'établir une communication directe jusqu'à Gibraltar.

Les dépêches de Londres à Calcutta et *vice versa*, sont maintenant transmises par la *Indo European Telegraph C°*, en 1 heure 10 minutes en moyenne.

Les journaux américains annoncent qu'un syndicat formé aux Etats-Unis, a obtenu du gouvernement chinois des concessions importantes, donnant le monopole pendant un grand nombre d'année, pour la construction de lignes télégraphiques et téléphoniques dans une certaine partie de l'Empire.

La Commission du contrôle électrique qni s'est réunie le 15 juillet dernier dans le bureau du maire de New-York a adopté le règlement suivant pour l'installation des poteaux et fils télégraphiques et téléphoniquesr

Il est défendu de placer deux lignes de poteaux sur le même côté d'une rue ou avenue quelconque.

Les poteaux pour la lumière électrique doivent être en fer, d'une hauteur de 26 pieds au moins, d'un diamètre ne dépassant pas 8 pouces à la base avec des bras en bois pourvus d'isolateurs en verre ou en caoutchouc.

Les poteaux télégraphiques et téléphoniques doivent avoir au moins 60 pieds de hauteur.

Les poteaux seront placés sur le trottoir aussi près du bord que possible, et aucun poteau ne sera placé à une distance de 10 pieds de tout reverbère ou autre poteau.

Tous les règlements établis par les autorités locales au sujet du placement des poteaux et des fils resteront en vigueur.

Aucun fil ne doit passer à une distance d'un pied d'un poteau sans y être attaché avec une isolation de verre, de porcelaine ou de caoutchouc.

Aucun fil ne doit être placé à une distance de moins que 20 pieds au-dessus de la terre ou à moins de 4 pieds d'un bâtiment quelconque, sans y être attaché avec un isolateur en verre, en porcelaine ou en caoutchouc.

Aucun fil servant pour la lumière électrique à arc ou pour la transmission de la force, ne doit passer au-dessus des toitures.

Les Compagnies ou individus possédant des poteaux dans une rue quelconque doivent permettre à d'autres Compagnies ou individus de s'en servir pour leurs fils électriques moyennant une rétribution à fixer entre les intéressés. A défaut d'entente le prix de location sera fixé par la Commission.

Tous les permis pour des fils aériens consentis par la Commission, ne seront valables que jusqu'au moment où une canalisation souterraine aura été construite dans la rue ou dans le voisinage pour laquelle la permission aura été accordée.

Aucune permission pour la construction de lignes aériennes ne sera accordée pour les rues déjà pourvues d'une canalisation électrique souterraine.

Tous les poteaux doivent porter les initiales de la Compagnie qui en est propriétaire.

Les poteaux démontés doivent être enlevés le même jour.

Toutes les Compagnies ayant des poteaux dans les rues doivent fournir un cautionnement à la ville dont le chiffre sera déterminé par la Commission. Ce cautionnement servira à payer les frais d'enlevage et de renouvellement des poteaux dangereux ou abandonnés comme pour le pavage des trottoirs et des rues.

Une violation quelconque du présent règlement entraînera l'annulation de la permission accordée aux contrevenants.

MM. Siemens frères et Cie de Berlin ont construit un nouveau microphone, dans lequel ils ont cherché à donner au courant un chemin aussi large que possible en employant les deux électrodes en forme de plaques rondes l'une sur l'autre. On y arrive au moyen d'une suspension spéciale de la seconde plaque. La première plaque est traversée verticalement par un axe qui passe dans un trou de la seconde. Cette dernière est suspendue à l'axe au moyen de deux fils de soie tendus à travers le trou et peut être portée très près de la première plaque au moyen de deux écrous vissés sur l'axe.

On vient d'expérimenter à l'Ecole de guerre, à Bruxelles, un nouveau système téléphonique et télégraphique, inventé par le colonel Renard et M. Nothember. Notre confrère « Industries » ajoute que le système est très simple et permet au premier venu, de communiquer entre le gros d'un corps de troupes et les avants-postes.

L'appareil très robuste est renfermé dans une boîte en cuir, et peut être relié à n'importe quel fil télégraphique ou téléphonique.

Les inventeurs prétendent pouvoir télégraphier et parler avec facilité, au moyen d'un fil nu placé par terre, pourvu que la distance ne dépasse pas 2 à 3 kilomètres; c'est, du reste, ce qu'on a déjà obtenu avec les téléphones et les vibrateurs.

Le contrat du gouvernement américain avec la Cie des téléphones ayant expiré dernièrement, le Président des États-Unis a proposé à la Cie d'accorder une diminution de 100 francs par an et par appareil. La Société n'ayant pas voulu accepter une si forte réduction, tous les appareils téléphoniques ont été enlevés dans les réseaux du gouvernement.

L' « American Bell Telephone Co », vient de publier la statistique de ses réseaux téléphoniques en opération aux Etats-Unis, à la date du 1er janvier 1887.

Nous en empruntons le tableau comparatif suivant :

	1885	1886	1887
Nombre de réseaux.....	736	747	773
Nombre de circuits.....	107.440	112.067	121.260
Nombre de mille de fil.....	101.734	114.046	128.231
Nombre d'employés.....	5.168	5.438	5.843
Nombre d'abonnés.....	134.847	137.750	147.068

ERRATUM

L'article de M. Decharme, (numéro du 6 août), contient une erreur; la figure 5, p. 272, n'est pas conforme au texte, les signes des électrodes ayant été intervertis.

Enfin dans l'article du 13 août, p. 325, 1re colonne, dernière ligne, on lira *décapée* au lieu de *découpée*.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 27 AOUT 1887 No 35

SOMMAIRE. — Les essais électriques à l'exposition universelle d'Anvers ; E. Meylan. — La télégraphie sous-marine; E. Wunschendorff.— Les travaux de laboratoire exécutés à l'Institut électrotechnique Montefiore en 1887; F. Pescetto. — A propos du chauffage à l'aide du courant électrique ; P. H. Ledeboer. — Les conducteurs souterrains de la société Berthoud, Borel et Cie ; A. Palaz. — Le rôle de l'électricité dans la cristallisation ; C. Decharme. — Revue des travaux récents en électricité : Détermination de la self-induction d'un conducteur à l'aide de courants induits, par F. Kohlrausch. — Nouveau rhéostat de M. F. Kohlrausch.— Essais d'accumulateurs.— La nouvelle machine Phœnix. — Les propriétés physiques de l'acier manganifère, par W. F. Barrett. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Bibliographie : Die construction der magnet und dynamo-eletrischen maschinen, par von Gustav Glaser de Cew ; Die wirkungsgesetze der dynamo-eletrischen maschinen, par le Dr F. Auerbach ; C. Rechniewski. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Faits divers.

LES ESSAIS ÉLECTRIQUES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE D'ANVERS

Les Comptes-Rendus ou les Rapports des Commissions d'essais des diverses expositions constituent, incontestablement, la source de renseignements la plus sérieuse que nous possédions au sujet des divers appareils électriques, aussi bien des instruments de mesure, que des générateurs ou transformateurs. Et cela est bien naturel, car, d'un côté, les expérimentateurs de ces commissions ont à leur disposition des ressources, qui manquent en général au laboratoire d'un savant, ou même d'une école technique, et d'un autre côté, le caractère absolument désintéressé de ces déterminations, leur donne une valeur que l'on ne peut pas toujours, malheureusement, accorder aux essais industriels, des fabricants sur leurs produits, ou aux rapports des ingénieurs.

Le lecteur qui feuilletera la collection de *La Lumière Électrique* pourra facilement juger de l'importance des résultats obtenus de cette manière, aussi, n'aurions-nous garde de passer sous silence, le dernier document de ce genre, « *Les Comptes Rendus des travaux du Comité international chargé des Essais Électriques à l'Exposition universelle d'Anvers* (1), » qui viennent enfin de paraître. Nous tenons d'autant plus à relever les points principaux touchés dans ce rapport, que, contrairement à ce qui avait été fait pour les expositions de Munich, de Vienne et de Philadelphie la Direction de notre journal n'avait pas envoyé de correspondant spécial à Anvers.

On verra, du reste, soit par cet article, soit surtout par ceux qui suivront, que nos lecteurs ne doivent pas regretter trop cette infraction à une règle établie, car cette exposition n'a certainement pas eu, au point de vue de l'électricité, bien entendu, l'importance de ses devancières.

Des deux comités d'expériences institués par arrêté royal du 23 février 1885, le second, chargé des essais électriques, qui seuls, nous intéressent ici, était composé des membres belges suivants :

MM. Banneux, Melsens, Delarge, Nothomb, Gérard (Eric), Rousseau, Gody, Somzée.

Parmi les savants étrangers délégués par les gouvernements participants, pour prendre part aux essais électriques, nous relevons les noms de MM. Wullner, Roïti, Sartiaux et Kareis. Enfin, un certain nombre d'ingénieurs et de physiciens ont assisté le Comité dans ses travaux.

La tâche de la commission a été partagée entre trois sous-comités; le premier était chargé des appareils de mesure et des générateurs de courant, piles et machines dynamos.

Au second sous-comité revenait les mesures photométriques, quand au troisième sous-comité, il lui était dévolu la tâche, un peu ingrate, d'essayer les appareils télégraphiques, téléphoniques et les avertisseurs.

(1) Imprimerie H. Vaillant Carmanne, Liège 1887.

Le volume, que nous avons sous les yeux, renferme les divers rapports, des deux premiers sous-comités, les travaux de la dernière subdivision devant constituer une Annexe. Cependant, nous avons cherché en vain, le travail dont M. Roïti avait bien voulu se charger [1], sur les transformateurs Zipernowski, Déri. et Blathy.

Quoique condamnés un peu partout au point de vue légal, ces appareils n'en constituent pas moins un sujet d'expériences des plus intéressants, et cette étude compléterait le travail remarquable publié déjà par le même savant sur les transformateurs Gaulard et Gibbs.

Comme nous l'avons déjà dit, l'Exposition d'Anvers n'a pas donné lieu à un grand nombre de travaux importants ou nouveaux. Les transformateurs, qui sont les derniers venus de l'électrotechnique, ont fait déjà leur apparition à Turin en 1884 et les premiers travaux, à leur sujet, ont été faits alors; depuis, ils n'ont donné lieu qu'à un petit nombre d'études ; c'est donc avec impatience que nous attendons la publication du travail de M. Roïti.

Quant aux autres appareils, machines, lampes, etc., qui ont été soumis aux essais, ils sont en assez petit nombre (120 appareils seulement ont été présentés), et les expériences effectuées perdent le caractère qui devrait être le plus marqué, celui d'essais *comparatifs*.

Ceci s'applique, en particulier, aux appareils de mesure (2 types et un compteur), aux machines dynamos, aux piles, (une pile hydro-électrique et une pile thermo-électrique), etc. Par contre, les essais de lampes, au moins en ce qui concerne les lampes à arc, sont beaucoup plus complets.

Nous relevons également un très beau travail du professeur Roïti, sur les condensateurs. On aura une idée de l'ensemble des travaux des deux premiers sous-comités, quand nous ajouterons qu'il a été également effectué quelques essais sur des câbles (Berthoud-Borel), des fils de bronze phosphoreux (usine Montefiore, à Anderlecht) et sur les accumulateurs Julien.

Dans le présent article, nous allons examiner les procédés généraux de mesure qui ont été employés au laboratoire d'Anvers, et la vérification des instruments de mesure; dans les articles suivants, nos collaborateurs rendront compte successivement des essais de machines dynamos, du travail de M. Roïti sur les condensateurs, et enfin des mesures photométriques.

[1] L'installation du laboratoire de mesures de l'exposition, ayant été assez sommaire, certaines études spéciales ont dû être faites dans divers laboratoires de Belgique et d'Italie.

MÉTHODES ET APPAREILS DE MESURES

1er *Sous-comité :* MM. E. Gérard, Nothomb, Roïti et Sartiaux.

Toutes les mesures électriques qui ont été faites à Anvers ont été ramenées à des mesures de courant et de potentiel, et celles-ci ont été exclusivement effectuées au moyen de deux galvanomètres Deprez-d'Arsonval.

Le local du laboratoire, voisin des machines en mouvement, ne permettait pas, en effet, de se servir des appareils à haute sensibilité, et on a du prendre des précautions spéciales pour se garantir contre les vibrations.

Pour cela, les appareils étaient placés sur des piliers en maçonnerie, et avec l'intermédiaire d'une base de plomb et de bandes en caoutchouc.

Ces galvanomètres ont été modifiés dans leur mode de suspension; au lieu du fil métallique de torsion, on a employé un fil de suspension en soie et un ressort en spirale en bronze phosphoreux. Nous ne voyons pas l'utilité de cette complication, introduite dans le but d'éviter les torsions rémanentes, et cela d'autant moins que les lectures se faisaient à la lunette, à 3 mètres de distance.

L'étalonnage de ces appareils a été basé exclusivement sur une mesure voltamétrique effectuée en partant de la dernière détermination de M. Kohlrausch (0,328 millig. C*u* par coulomb).

Quant à l'étalon de résistance nécessaire pour compléter les mesures, le Rapport est absolument muet à son égard.

Les mesures d'intensité ont été faites par la méthode du professeur Kittler ; pour cela, un des galvanomètres était shunté par une résistance très faible, inconnue d'ailleurs, et la constante de l'appareil shunté déterminée directement par le passage d'un courant mesuré au voltamètre [1].

Une résistance étant ajoutée à celle du galvanomètre, il suffit de la faire varier pour modifier la constante.

[1] Solution à demi saturée de sulfate de cuivre, anode en cuivre, cathode en platine; densité du courant : 0,25 ampère par décimètre carré.

Le second galvanomètre servait de voltmètre, en le shuntant par une résistance de 10.000 ohms et en ajoutant, en outre, une résistance extérieure de 100.000 ohms. Pour déterminer sa constante, il suffisait de faire passer dans un circuit un courant, mesuré par l'ampèremètre, et de relier le voltmètre entre deux points comprenant une résistance déterminée.

ESSAIS D'APPAREILS INDUSTRIELS

Les premiers galvanomètres essayés étaient ceux de M. Hummel, montés en voltmètre et ampèremètre (présentés par la maison Bouckaert et Cie de Bruxelles).

Ce galvanomètre consiste, on le sait, en une bobine cylindrique contenant un tube de fer doux, pivoté excentriquement suivant une de ses génératrices, et équilibré par un contre-poids.

Voici les résultats que nous déduisons des tables publiées.

Pour l'ampèremètre dit de quatre ampères, l'erreur est de 1 1/2 à 2 o/o pour les courants voisins de cette intensité, mais elle atteint jusqu'à 30 o/o pour les courants plus faibles ; en moyenne, elle est de 10 o/o environ.

Pour le type de 10 ampères, on observe le même fait ; aux environs de 6 à 8 ampères, l'erreur relative est de 1/2 à 1 o/o ; c'est également l'erreur qu'on observe avec le type de 30 ampères pour les courants compris entre 9 et 30 ampères

Comme on le voit, ces appareils ont évidemment été étalonnés pour le seul courant indiqué; pour les valeurs inférieures, on s'en remet à la proportionnalité, qui ne laisse pas de faire singulièrement défaut.

Le voltmètre destiné à la mesure d'une force électromotrice de 110 volts, présente le même défaut; mais ici, l'inconvénient est moindre puisque ces appareils ne servent guère, que d'indicateurs ; nous trouvons une erreur de 2 1/2 o/o à 60 volts et 4 o/o à 100 volts ; elle atteint 20 o/o pour 16 volts.

Le second type de galvanomètres industriels soumis aux essais, étaient ceux de MM. Hartmann et Braun, présentés par la même maison.

Ces appareils reposent encore sur l'action d'un champ magnétique sur une pièce en fer doux, mais dans ce cas, c'est l'attraction d'un tube par un solénoïde, qui est utilisée; attraction équilibrée par la tension d'un ressort à boudin.

Les résultats sont un peu plus satisfaisants :

Erreurs relatives

Ampèremètre (35 amp.) 1,4 o/o pour 10 a.; 2 o/o pour 20 a.; 4 o/o pour 30 a. et 4 o/o pour 36 ampères.

Voltmètre 8 o/o pour 20 v.; 5 o/o pour 30 v.; 2,3 o/o pour 40 v.; et 6 o/o pour 60 volts.

Enfin, l'essai qui présentait selon nous le plus d'intérêt dans cette section, était la vérification des compteurs d'électricité du système de Ferranti (*La Lumière Électrique*, v. XX, p. 37).

Un circuit était formé par une batterie d'accumulateurs, des résistances, le compteur et l'ampèremètre étalon ; on fermait ce circuit pendant des périodes de 30 minutes, et on déterminait le courant moyen.

On peut alors calculer la constante c'est-à-dire, le nombre de tours correspondant à un ampère-heure.

Les résultats sont édifiants.

Compteur de (lampes)	Courant en ampères	Constante calculée	Constante indiquée	Erreur relative en o/o	Erreur absolue moyenne
25	7 à 23	608 — 697	689	13	5.5
»	7 à 23	573 — 652	595	13	3
»	7 à 23	573 — 689	585	18	9
50	15 à 47	234 — 398	272	50	14
100	7 à 47	101 — 271	209	90	11

Comme on peut le remarquer, la constante croît continuellement avec l'intensité du courant, ce qui ferait supposer que le frottement qui devrait varier comme le carré de la vitesse, varie en réalité plus vite.

Quoiqu'il en soit, les divergeances des indications de ces appareils sont beaucoup trop considérables, même en tenant compte de ce qu'ils n'ont pas été réglés sur place, mais expédiés de Bruxelles.

Décidément, les inventeurs dont les élucubrations remplissent notre résumé des brevets, n'ont pas tout à fait tort de chercher à combiner de nouveaux appareils industriels, et les quelques essais publiés dans le Rapport ne jettent qu'un jour peu favorable sur l'état de l'électrométrie technique en 1885.

E. Meylan

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

Sous l'influence de la chaleur, le caoutchouc se combine avec le soufre, en diverses proportions, et donne naissance à des corps jouissant de propriétés particulières. Lorsque la quantité de soufre varie de 3 à 6 o/o et que la température à laquelle on porte le mélange pendant deux heures ne dépasse pas 140° C., le caoutchouc est dit *vulcanisé*. Il conserve alors sa souplesse à de basses températures, résiste beaucoup mieux à la chaleur, ne s'oxyde pas à l'air, est plus élastique et absorbe moins d'eau ; il est, en outre, insoluble dans les dissolvants ordinaires du caoutchouc, mais se dissout dans l'huile de térebenthine bouillante.

La vulcanisation peut se faire en plongeant le caoutchouc dans un bain de soufre fondu, à 120° : le caoutchouc se gonfle, quoique beaucoup moins que dans la benzine ou le naphte et absorbe, à la longue, près de la moitié de son poids de soufre. Si l'on porte ensuite graduellement la température à 135 ou 140°, une partie du soufre entre en combinaison avec le caoutchouc. La vulcanisation est complète si l'on maintient le caoutchouc à cette température pendant deux heures ou si on le plonge dans un bain de glycérine chauffé à 140° pendant un temps même plus court.

Ce procédé, excellent dans les laboratoires, ne peut convenir aux applications industrielles. Dans les usines, on saupoudre de fleur de soufre, de temps à autre, le caoutchouc pétri à chaud dans un masticateur, jusqu'à ce que le mélange des matières soit bien intime ; on le porte ensuite dans un four en fer de dimensions variables, appelé *vulcanisateur* (fig. 73) et chauffé à la vapeur. La température du four s'estime d'après la pression de la vapeur observée sur des manomètres.

On n'obtient une vulcanisation parfaite qu'en incorporant mécaniquement au caoutchouc un excès de soufre ; d'un autre côté, le soufre qui ne s'est pas combiné forme des efflorescences à la surface du caoutchouc, devient acide et détériore la substance. On évite cet inconvénient en remplaçant la fleur de soufre par 15 à 20 o/o de sulfure d'antimoine obtenu en faisant bouillir du sulfure natif dans une solution de soude caustique et précipitant le mélange par un excès d'acide chlorhydrique. Le sulfure doit contenir 20 à 25 o/o de soufre libre ; on en ajoute, en cas de besoin. Les tubes et autres objets, en caoutchouc de qualité supérieure, bien reconnaissables à leur couleur rouge brique, sont fabriqués de cette manière.

Lorsque la proportion de soufre atteint 25 à 50 pour cent, le caoutchouc devient remarquablement plastique et peut être moulé en toutes espèces de formes. Si on y incorpore, en outre, 3 o/o de noir de fumée, et autant de magnésie calcinée, et si on vulcanise le mélange, à la vapeur, à la température de 135°, pendant 6, 8 ou 10 heures, suivant l'épaisseur du caoutchouc, on obtient une substance dure, noire, mauvaise conductrice de la chaleur et surtout de l'électricité, inerte vis-à-vis de la majeure partie des produits chimiques, et susceptible de prendre un beau poli. Cette substance, nommée *ébonite*, trouve de nombreuses applications dans l'industrie pour la fabrication de vases de piles, de caractères d'imprimerie, de manches de robinets d'appareils à vapeur, etc. ; elle est employée également dans la construction de certains instruments de physique et de télégraphie. Chauffée à 100°, elle prend une certaine flexibilité qui en rend le travail plus facile.

On peut obtenir l'ébonite, avec une proportion moindre de soufre, en chauffant le mélange plus longtemps, ou en portant la température jusque vers 150°, mais pendant un temps sensiblement plus court. Si l'on chauffe jusque vers 160 ou 170 degrés, des gaz commencent à se produire et, en se dégageant à travers la masse, laissent une ébonite spongieuse, de qualité très inférieure. La chaleur doit, dans tous les cas où l'on vulcanise le caoutchouc, être appliquée graduellement à partir de 110 ou 115° : il est également essentiel de diminuer par degrés la pression de la vapeur, lorsque la vulcanisation est terminée.

Les objets destinés à être convertis en ébonite sont généralement noyés dans un lit de plâtre de

(1) Tous droits de reproduction et de traduction réservés
— Voir *La Lumière Électrique* à partir du 2 juillet 1887.

Paris ou de chaux en poudre. Souvent il est nécessaire de les soutenir, dans ce lit même, par des supports en étain ou en verre ; les surfaces de contact sont recouvertes d'une très légère couche de graisse ou mieux de cire, pour empêcher l'adhérence du caoutchouc au support.

Suivant les besoins de l'industrie, on incorpore au caoutchouc, avant de le vulcaniser, dans des proportions variables pouvant atteindre 60 o/o, beaucoup d'autres substances, telles que l'argile, la chaux, le plâtre de Paris, le sulfure de zinc, le sulfate et divers oxydes de plomb, la magnésie, la silice, la terre de Fuller, l'huile de lin, etc.

Pour fabriquer un câble à enveloppe de caoutchouc, on enroulait autrefois un ruban de cette matière en hélice autour du fil conducteur, cha-

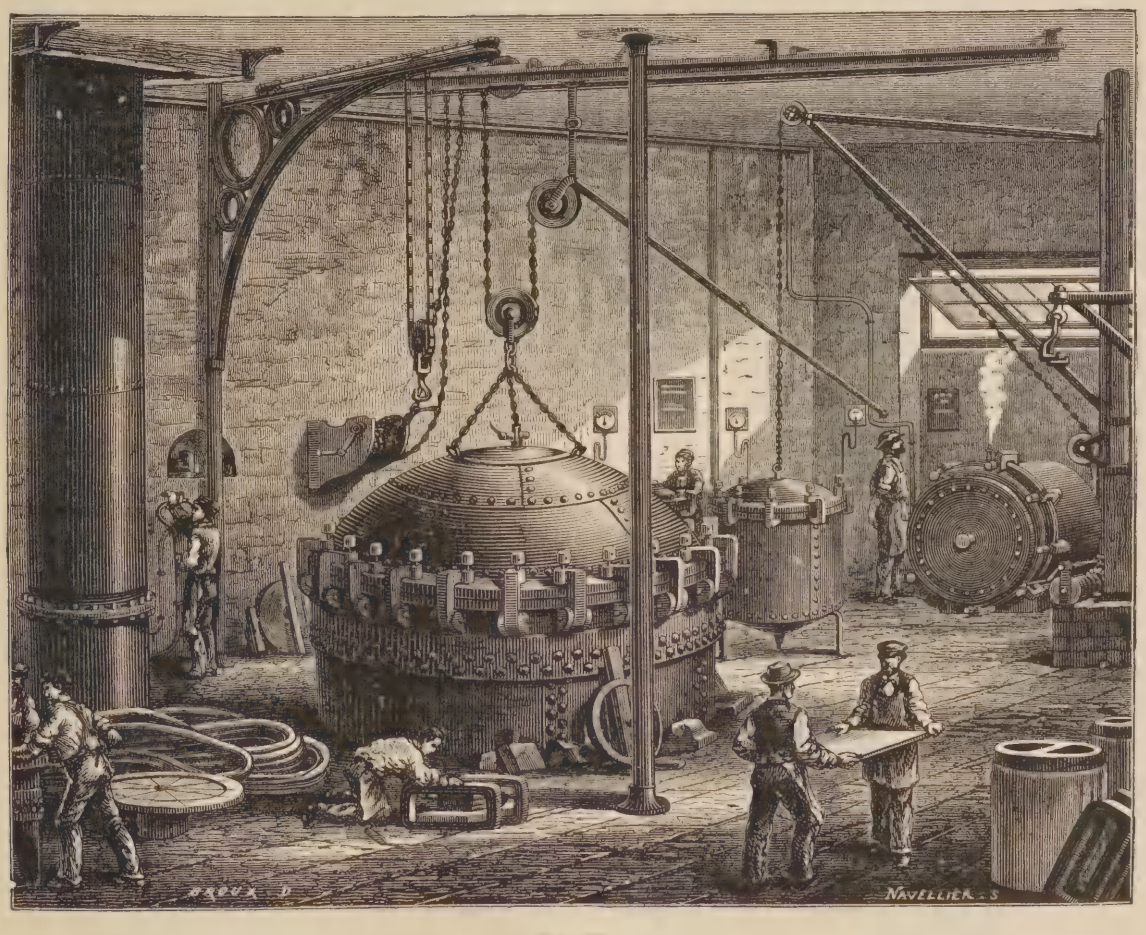


Fig. 73

que spire recouvrant la précédente ; on en assurait la jonction, en mouillant le tout avec de l'huile de naphte. Plus tard, M. Silver plongea le fil recouvert pendant une demi-heure dans de l'eau bouillante. Le procédé suivant (fig. 74), dû à MM. Siemens, donne de meilleurs résultats : on dispose longitudinalement, de chaque côté du conducteur en cuivre, deux rubans de caoutchouc dont les bords, coupés par des couteaux circulaires, sont rapprochés en passant entre deux cylindres et se soudent immédiatement l'un à l'autre. Lorsque l'on applique plusieurs couches concentriques, les soudures de chaque couche sont placées à angle droit par rapport à celles de la couche précédente.

Lorsque l'on veut recouvrir le conducteur de caoutchouc vulcanisé, on découpe une feuille de caoutchouc ordinaire préalablement saupoudrée de fleur de soufre, en bandelettes qu'on enroule en hélice autour du fil de cuivre, de manière à former une gaîne d'épaisseur convenable. On la maintient en place à l'aide d'enveloppes de calicot

et on porte le câble dans un vulcanisateur, où il est chauffé à la vapeur à 140° pendant quelques heures.

On évite facilement l'altération que subit le caoutchouc au contact du cuivre, en étamant le fil métallique. Mais on n'a pu obtenir l'adhérence du conducteur au diélectrique. MM. Siemens ont essayé d'enduire le cuivre de composition Chatterton et, pour empêcher les joints longitudinaux de se rouvrir, ils ont appliqué une seconde couche de Chatterton et une couche de gutta par-dessus le caoutchouc. Malheureusement ce dernier devenait visqueux et, en se dilatant, tendait à crever l'enveloppe de gutta. On a essayé auss la disposition inverse, c'est-à-dire que l'on a recouvert le fil de cuivre d'abord de gutta, puis de caoutchouc vulcanisé et enfin d'un ruban caoutchouté. Mais les câbles isolés au caoutchouc qui ont donné les meilleurs résultats sont ceux de M. W. Hooper ; ils ont été employés sur la plupart des lignes de la *Great Northern C°* et sont construits de la manière suivante.

Un toron de fils de cuivre étamés est recouvert de deux rubans de caoutchouc pur, enroulés en hélice et en sens inverse l'un de l'autre ; sur ces deux couches on applique, encore en hélice, une bande de caoutchouc auquel on a incorporé mécaniquement 25 pour cent d'oxyde de zinc et que M. Hooper désigne sous le nom de *séparateur*. On enferme le fil recouvert de ces trois premières couches, entre deux lanières longitudinales de caoutchouc contenant 6 pour cent de soufre et 10 pour cent de sulfure de plomb ; ces lanières sont recoupées et pressées l'une contre l'autre suivant la méthode indiquée par M. Siemens. Le tout est emprisonné dans une chemise en coton feutré appliquée en hélice, et destinée à maintenir en place les diverses bandes de caoutchouc durant l'opération de la cuisson. Le fil ainsi formé, est porté dans de grands cylindres en tôle où il est soumis, pendant quatre heures, à une température de 140° C. qui vulcanise les deux couches extérieures de caoutchouc et consolide le tout : les couronnes de fil sont noyées, durant cette opération, dans un lit de plâtre en poudre, afin de faire pénétrer la chaleur également et en même temps dans toute la masse du câble et d'empêcher l'adhérence des diverses spires entre elles, dans le cas où le caoutchouc deviendrait gluant. Le séparateur a pour but de limiter la vulcanisation du caoutchouc aux couches extérieures : toutefois, une très petite quantité de soufre paraît néanmoins arriver, en traversant le séparateur, jusqu'au caoutchouc pur, et pénètre ensuite, de proche en proche, jusqu'aux couches immédiatement en contact avec le conducteur en cuivre.

La densité moyenne de la matière qui forme l'enveloppe isolante des câbles de M. Hooper est de 1,176 : un mille marin de l'âme de ces câbles pèse en conséquence environ

$$1{,}753\,(D^2 - d^2) \text{ kilogrammes}$$

D et *d* représentant en millimètres le diamètre extérieur du diélectrique et celui du conducteur en cuivre.

La résistance d'isolement d'une âme en caoutchouc Hooper, à 24° C., et par mille marin, est approximativement de

$$1{,}5 \log \frac{D}{d} \times 10^4 \text{ megohms}$$

Elle varie des 0,026 de sa valeur par degré Fahrenheit ; elle diminue de moitié ou au contraire est doublée, lorsque la température s'élève ou s'abaisse de 27° F. à partir d'un point quelconque de l'échelle thermométrique.

La capacité électrostatique du caoutchouc Hooper est de

$$\frac{0{,}14854}{\log \frac{D}{d}} \text{ microfarads}$$

lorsque le conducteur est formé d'un seul fil plein; s'il comprend un toron de plusieurs fils, cette capacité devient

$$\frac{0{,}14854}{\log \sqrt{1 + 5{,}7 \frac{P}{p}}}$$

P et *p* désignant les poids par nœud, du diélectrique et du fil de cuivre.

Le caoutchouc n'étant pas attaqué par les animaux sous-marins, semblerait devoir, grâce à ses propriétés électriques remarquables, former l'enveloppe isolante par excellence des câbles sous-marins. Il est malheureusement sujet à des altérations dont la nature intime n'est pas encore bien connue et qui sont d'autant plus difficiles à

étudier que des câbles, d'une composition en apparence identique, placés côte à côte dans des conditions absolument semblables, donnent des résultats complètement différents.

Ainsi, des câbles de torpilles, en caoutchouc vulcanisé de part en part, à sept conducteurs et armés de fer, ont été trouvés gravement détériorés, par places, après dix-huit mois d'immersion [1]. Aux points avariés, le diélectrique était devenu poreux et se laissait traverser par l'eau : aussi l'isolement de quelques-uns des fils était devenu bien inférieur à celui d'autres fils faisant partie du même câble. La vulcanisation, au moins telle qu'elle se pratique aujourd'hui, ne peut donc donner de résultats certains, quant à la permanence des propriétés isolantes du caoutchouc.

D'un autre côté, des câbles du système Hooper, les uns enveloppés de toile et destinés au service télégraphique de campagne, les autres armés de fer et préparés pour l'inflammation des torpilles, ont été conservés en magasin, *à l'air*, pendant dix ans et sont restés en excellent état. D'autres câbles tout à fait semblables, conservés dans les mêmes magasins, les uns dans des cuves remplies d'eau, et les autres, à l'air, côte à côte avec les premiers, se sont comportés tout différemment. Aux extrémités des câbles immergés, sur une longueur de quelques décimètres laissée à l'air pour la commodité des essais électriques, la couche intérieure de caoutchouc pur était devenue visqueuse et découlait des bouts : l'altération s'arrêtait brusquement à l'endroit où le câble entrait dans l'eau, montrant ainsi qu'elle était due à l'oxydation par l'air et non au contact du caoutchouc avec le cuivre. La même exsudation visqueuse fut remarquée aux extrémités des câbles Hooper, armés en fer et conservés à l'air; mais dans ceux-ci, l'altération s'étendait sur une bien plus grande longueur. Comme il est impossible d'admettre que l'oxygène atmosphérique ait pu pénétrer si loin par les extrémités du câble et que la nature visqueuse du produit semble encore devoir empêcher cette pénétration au-delà d'une petite distance, si l'altération du caoutchouc est réellement le résultat d'une oxydation, il faut admettre que l'oxygène aît accès dans l'intérieur du diélectrique, en traversant la substance même du câble. Les recherches de Graham sur l'absorption et la dyalyse des gaz par les substances colloïdes, prouvent, non seulement que cette pénétration est possible, mais qu'elle existe certainement : d'une part, en effet, Graham, à l'aide du vide, forçait de l'air très riche en oxygène à filtrer à travers un tube épais de caoutchouc : d'autre part, il avait reconnu que l'oxygène est deux fois plus soluble dans le caoutchouc que dans l'eau, à la température ordinaire. Ce gaz arrivant par les parois de la couche externe de caoutchouc vulcanisé dans le câble Hooper, pénètre peu à peu jusqu'au caoutchouc pur, et quand celui-ci a commencé à s'oxyder, l'absorption du gaz par la couche externe va en croissant par le fait même de l'assimilation continuelle de l'oxygène par la couche interne, comme par une sorte d'aspiration. Il en résulte que si un câble de ce genre

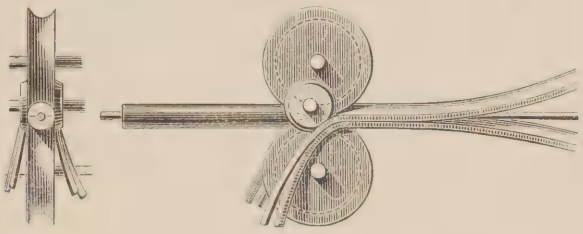


Fig. 94

reste exposé à l'air pendant un temps même assez court avant son immersion, le caoutchouc peut être déjà gravement atteint.

Il resterait à expliquer pourquoi des câbles dont le diélectrique a été préparé par les mêmes procédés et qui ont été conservés dans l'air à côté les uns des autres, exactement dans les mêmes conditions, se comportent si différemment, la portion non vulcanisée du caoutchouc ne présentant dans les uns, pas la moindre trace d'altération, même aux extrémités, tandis que dans les autres, elle est transformée en un produit visqueux sur une plus ou moins grande longueur. M. Hooper admet que le séparateur n'agit pas d'une façon absolue et qu'une petite quantité de soufre le traverse généralement, pendant la vulcanisation, pour arriver jusqu'à la couche interne de caoutchouc : dans des cas accidentels, et pour des motifs qui restent encore inconnus, cette pénétration ne se produirait pas et c'est alors que le caoutchouc, resté absolument pur, serait décomposé en tous les points où l'air atmosphérique aurait libre accès à la partie extérieure du câble

[1] Discours de M. le professeur Abel, président de la Société des Ingénieurs des télégraphes à Londres, en 1877.

Quelques auteurs considèrent le produit visqueux comme une simple modification isomérique du produit fibreux, se produisant dans des conditions encore mal déterminées. Le produit visqueux préexisterait dans le caoutchouc ordinaire qui lui devrait sa propriété de se souder à lui-même, lorsque l'on rapproche l'une de l'autre des surfaces fraîches [1].

La transformation du caoutchouc en un produit visqueux, semi-fluide, ne semble pas jusqu'à présent, avoir pour effet d'affaiblir l'isolement des câbles. Cependant ce produit peut, à la longue, exercer une action dissolvante sur la couche externe de caoutchouc vulcanisé, et doit d'ailleurs nuire à la constitution mécanique des câbles.

L'emploi des câbles en caoutchouc a été, en grande partie, limitée jusqu'à ce jour aux climats chauds. Cette substance ne se ramollissant pas en effet, lorsqu'elle est chauffée modérément, le conducteur en cuivre ne risque pas de se décentrer ; ses qualités isolantes sont, d'un autre côté, bien moins affaiblies que celles de la gutta-percha, sous l'influence d'une élévation de température.

C. -- AUTRES ISOLANTS

Un grand nombre d'autres substances ont été proposées pour remplacer, dans la fabrication des câbles, la gutta-percha et le caoutchouc, en vue d'obtenir des isolants plus économiques, ou résistant mieux à l'oxydation, aux variations de température, aux attaques des insectes et aux autres causes de destruction de ces matières.

Plusieurs de ces substances présentent au début des qualités électriques remarquables, maison n'a trouvé chez aucune d'elles jusqu'à présent l'inaltérabilité presque indéfinie que l'on rencontre chez la gutta-percha, conservée sous l'eau.

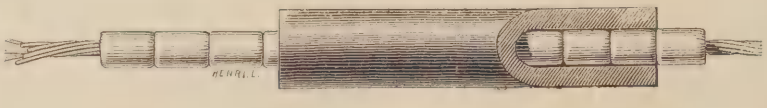


Fig. 95

Il ne semble donc pas que la gutta-percha ou le caoutchouc doivent cesser, dans un avenir prochain au moins, de former l'enveloppe isolante des câbles sous-marins. Nous examinerons néanmoins les principales substances que l'on a proposé à diverses reprises de leur substituer.

Composition Wray. — Cette composition est un mélange de gomme laque, de caoutchouc, de silex ou d'alun pulvérisé et d'un neuvième de gutta-percha. Elle fond à une température notablement plus élevée que la gutta, ce qui permet de l'employer dans les pays chauds. La chaleur la rendant bien plastique, on peut l'appliquer sur les fils de cuivre de la même manière que la gutta : d'un autre côté, les bords fraîchement coupés de cette substance se soudent naturellement à eux-mêmes, sous l'action d'une petite pression; on peut donc aussi recouvrir un fil de composition Wray, suivant le procédé indiqué par M. Siemens pour la fabrication des câbles en caoutchouc pur. Ses propriétés électriques ne sont que très peu inférieures à celles du caoutchouc; elle donne même un isolement supérieur à celui de cette substance, lorsque l'on diminue la proportion de gutta-percha ; au contact du cuivre, elle ne subit aucune altération. La composition Wray est malheureusement attaquée par l'eau de mer et ne peut être employée pour les câbles sous-marins, au moins à la surface extérieure du diélectrique.

Paraffine, ozokérite. — La paraffine est un des produits de la distillation de certaines espèces de houilles et de bitumes, on la trouve aussi dans certaines variétés d'huiles minérales et de pétrole. Elle a un pouvoir isolant élevé, mais sa nature très cassante ne permet pas de la faire entrer directement dans la fabrication des câbles. On s'en sert seulement pour préserver temporairement du contact de l'air les extrémités des fils recouverts de gutta-percha ou de caoutchouc qui servent aux communications des appareils électriques. A cet effet, on trempe un instant les bouts de ces fils dans de la paraffine que l'on fait fondre préalablement dans une petite bassine ; en renouvelant l'opération cinq ou six fois, les extrémité sont recouvertes d'une enveloppe blanche de pas raffine solide qui les garantit contre toute déperdition d'électricité par la surface.

M. Fortin Herrmann obtient des fils bien iso-

[1] *Cantor lectures*, by Thomas Bolas, loc. cit.

lés et d'une très faible capacité inductive, en enfilant dans des conducteurs en cuivre, à la suite les unes des autres, de petites perles en bois imbibées de paraffine (fig. 75) : les conducteurs sont recouverts ensuite d'un fort tube en plomb. Ces câbles donnent d'excellents résultats à terre, pour la transmission des sons par le téléphone notamment, mais en raison même de leur constitution, ne semblent pas pouvoir jamais être employés pour la télégraphie sous-marine.

L'ozokérite, qui a été soumise dans ces dernières années à de nombreux essais, n'est que de la paraffine à l'état natif : on la désigne aussi sous le nom de *cire fossile*. Combinée avec de petites quantités de caoutchouc, l'ozokérite donne des produits plus mous et plus plastiques que cette substance et qui peuvent rivaliser avec elle comme isolement et comme capacité inductive. M. Henley emploie l'ozokérite comme isolant dans les câbles de la manière suivante : le conducteur, en cuivre étamé, est recouvert d'abord de caoutchouc pur, ensuite d'une composition séparative grise, puis d'une composition noire, tenues secrètes encore toutes deux, et enfin d'ozokérite pure; l'âme est enveloppée d'une couche de feutre que l'on imbibe d'ozokérite. L'isolement de ces câbles paraît s'élever jusqu'à 5000 megohms par mille marin, après cinq minutes d'électrification et vingt-quatre heures d'immersion dans l'eau à 24° C.

Nigrite, — En mastiquant ensemble à la plus basse des températures nécessaires pour les amener à l'état plastique, du caoutchouc et de la *cire noire* qui n'est que le résidu fourni par la distillation partielle de l'ozokérite, on obtient une substance mécaniquement supérieure à la gutta-percha, moins sensible à l'action de la chaleur que le caoutchouc, possédant un pouvoir isolant supérieur à celui de la gutta, et une capacité inductive notablement inférieure. M M. Clark, Muirhead et Cie en ont fabriqué des câbles de torpilles qui, pendant plusieurs années, paraissent avoir donné de bons résultats.

Kérite. — La Kérite paraît être un mélange du produit de l'oxydation des huiles siccatives, telles que les huiles de lin, de noix, de graines de coton, etc., avec du caoutchouc vulcanisé et un certain nombre d'autres matières, ozokérite, silice, etc. La Kérite résiste bien à l'air et à la chaleur : en Egypte, un câble, isolé avec cette matière, a supporté sans altération, pendant tout un été, dans le désert, une température de 56° C.

Immergée dans l'eau, la kérite se conserve parfaitement et n'est attaquée ni par les teredos ni par les autres animaux sous-marins.

Aux États-Unis, des fils enduits de kérite, placés dans le tunnel sous-fluvial de Chicago, où ils étaient alternativement humides et secs, ont bien fonctionné pendant plusieurs années.

Des câbles en kérite ont été placés à Paris dans des égouts où certaines usines déversent des eaux à une haute température. Une partie de ces câbles résiste depuis plusieurs années, en conservant des isolements élevés : une autre partie a dû être relevée.

L'action des principaux agents chimiques, acides, bases et sels, est à peu près la même sur la kérite que sur la gutta-percha : cependant les huiles de houille et de térébenthine et le gaz d'éclairage attaquent plus facilement la kérite qui, en revanche, présente plus d'élasticité et de fermeté que la gutta.

Le pouvoir isolant de la kérite est moitié environ de celui de la gutta entre 20 et 33° C. : il diminue ensuite plus rapidement que celui de la gutta. Sa capacité inductive, rapportée à celle de l'air, est de 1,7 environ.

En raison du soufre qui entre dans la composition de la kérite, les conducteurs en cuivre des câbles isolés avec cette substance, doivent être étamés[1].

Caoutchouc de M. Bruce Warren. — M. Thomas Bruce Warren, après avoir reconnu que le brôme, l'iode et le chlore, au lieu d'oxyder le caoutchouc au contact de l'eau, produisent un effet tout-à-fait différent, a essayé d'utiliser cette propriété dans la fabrication des câbles. A cet effet, le fil de cuivre est recouvert de deux couches de caoutchouc qui sont consolidées d'abord dans de l'eau bouillante, et plongées ensuite dans une dissolution d'iode dans de l'iodure de potassium, ou de brôme dans du brômure de po-

[1] Un autre essai, qui se poursuit depuis plusieurs années, également à Paris, sur le câble de la Société Berthoud Borel et Cie, ne semble pas devoir être plus heureux. Le diélectrique de ce câble est formé de coton saturé de paraffine et de colophane additionnée de camphre : le tout est étiré à travers une double enveloppe de plomb.

tassium, ou exposées à l'action du chlore. Le caoutchouc ainsi traité peut être soumis à une température assez élevée sans se détériorer : il résiste également bien à l'action de l'air et n'est plus attaqué par ses dissolvants ordinaires, bien que l'analyse chimique ne puisse y révéler la présence d'iode, de brôme ou de chlore libre. Ne contenant pas de soufre, il n'attaque pas le cuivre qui, dès lors, n'a pas besoin d'être étamé ; soumis à une tension, il s'allonge d'une façon permanente comme le cuivre qui ne peut, dans ces conditions, faire de saillies dans son enveloppe isolante, lorsque la traction à laquelle le câble est soumis vient à disparaître. Au point de vue électrique, les qualités du caoutchouc paraissent plutôt exaltées encore par ce traitement.

Câbles Brooks. — Ces câbles, composés de fils de cuivre, entourés séparément de chanvre et enfermés dans une conduite remplie de pétrole, pourraient servir à constituer dans les pays chauds les sections souterraines qui font suite aux câbles sous-marins, mais ne peuvent recevoir aucune application dans la télégraphie sous-marine proprement dite.

3° Revêtement extérieur

A. — Chanvre

L'âme des câbles, formée du conducteur en cuivre et de son envoloppe isolante, est recouverte généralement de deux couches de chanvre enroulées en hélice et en sens inverse l'une de l'autre. Ce matelas a pour but, d'une part, de protéger le diélectrique contre les avaries auxquelles l'exposerait le contact immédiat des fils de fer de l'armature extérieure, et d'autre part, d'augmenter le diamètre du cylindre, sur lequel sont appliqués ces fils de fer, de telle sorte que le nombre en puisse être suffisant pour donner au câble la résistance mécanique désirée.

Lorsqu'il est immergé dans de l'eau de mer, le chanvre peut être considéré pratiquement comme indestructible : des cordages qui y avaient séjourné pendant 80 ans, en ont été retirés en aussi bon état que lorsqu'ils étaient neufs. Les fibres de chanvre, et surtout celles du chanvre de Manille, sont détruites, peu à peu, lorsqu'elles se trouvent dans l'eau en contact avec des fils de fer : cet effet est moins prononcé avec le chanvre de Russie.

Certains animaux qui vivent dans la mer, même à des profondeurs supérieures à 1000 brasses, tels que la *limnoria* et le *teredo*, rongent le chanvre et le font entièrement disparaître au bout de très peu de temps, lorsque, par suite de la destruction des fils de fer, due à une action soit mécanique soit chimique, il est exposé à nu à leurs attaques ; dans les parties voisines où l'armature en fer existe encore, le chanvre reste intact.

Le chanvre dont on recouvre les âmes des câbles était autrefois saturé de goudron. On avait pensé que l'eau contenue mécaniquement dans les pores de la gutta-percha, devant s'évaporer peu à peu, par suite des variations de température auxquelles les câbles sont soumis, le goudron dont le chanvre était imbibé se substituerait petit à petit à cette eau et arriverait à remplir tous les interstices de la gutta-percha dont les propriétés isolantes se trouveraient ainsi augmentées. Les inconvénients, résultant de l'application aux câbles d'une chaleur relativement même modérée, n'étant pas encore connus à cette époque, on faisait passer l'âme recouverte de chanvre à travers un bain de goudron fondu, dont la température ne pouvait être inférieure à 38° C., qui représente celle de la fusion du goudron. Le goudron de Stockholm contenant, d'un autre côté, toujours une certaine quantité de créosote qui est, comme on sait, un dissolvant de la gutta-percha, ces deux causes réunies amenaient nécessairement dans l'isolement des câbles, une baisse qui ne devait pas être inférieure à 20 ou 30 pour cent. Le goudron bouchant, en outre, temporairement les petites fissures qui peuvent se produire à la surface de la gutta, pendant la fabribation du câble, masque de petits défauts au moment où il est aisé de les réparer ; ces défauts ne deviennent apparents ensuite que quelque temps après la pose, lorsque le goudron a été, en partie au moins, lavé par l'eau de mer. On a renoncé, pour tous ces motifs, à l'emploi du goudron et on préfère se servir de chanvre ou de jute que l'on a fait macérer, pendant un jour ou deux, dans une décoction de tannin. On applique même le chanvre tanné à l'état humide sur l'âme, afin de faciliter la découverte des fuites qui viennent à se produire dans l'enveloppe isolante.

On a essayé aussi de remplacer le goudron par la paraffine, mais cette substance est trop cas-

sante. On obtient aujourd'hui de bons résultats avec l'ozokérite, qui, par sa souplesse et sa plasticité, est d'une application facile et augmente même l'isolement de 10 à 12 pour cent, lorsque l'enveloppe de chanvre ozokérité est bien serrée contre l'âme. En raison de la température assez élevée à laquelle l'ozokérite entre en fusion, on ne peut, comme pour le goudron, faire passer dans la matière liquide le fil garni de son enveloppe de chanvre. On recouvre alors l'âme d'un ruban de toile que l'on a plongé préalablement dans de l'ozokérite fondue, à laquelle on ajoute un peu de poix de Stockholm, pour donner du corps à l'enduit et boucher tous les pores du ruban. L'enroulement ne se fait que lorsque le ruban est entièrement refroidi.

Des cordages en chanvre, tirés à travers un bain de goudron fondu, résistent immédiatement après à une traction qui est de 25 pour cent environ plus faible que celle à laquelle résistent des cordages semblables non goudronnés. La raison en est que les fibres du chanvre sont en partie détruites par le goudron fondu et que celui ci, agissant comme un lubrifiant, permet aux fibres de glisser plus facilement les unes sur les autres. On doit donc éviter l'emploi du goudron, *dans ces conditions*, même pour la fabrication des simples cordages en chanvre et en fils de fer destinés aux opérations de dragages et d'immersion de bouées.

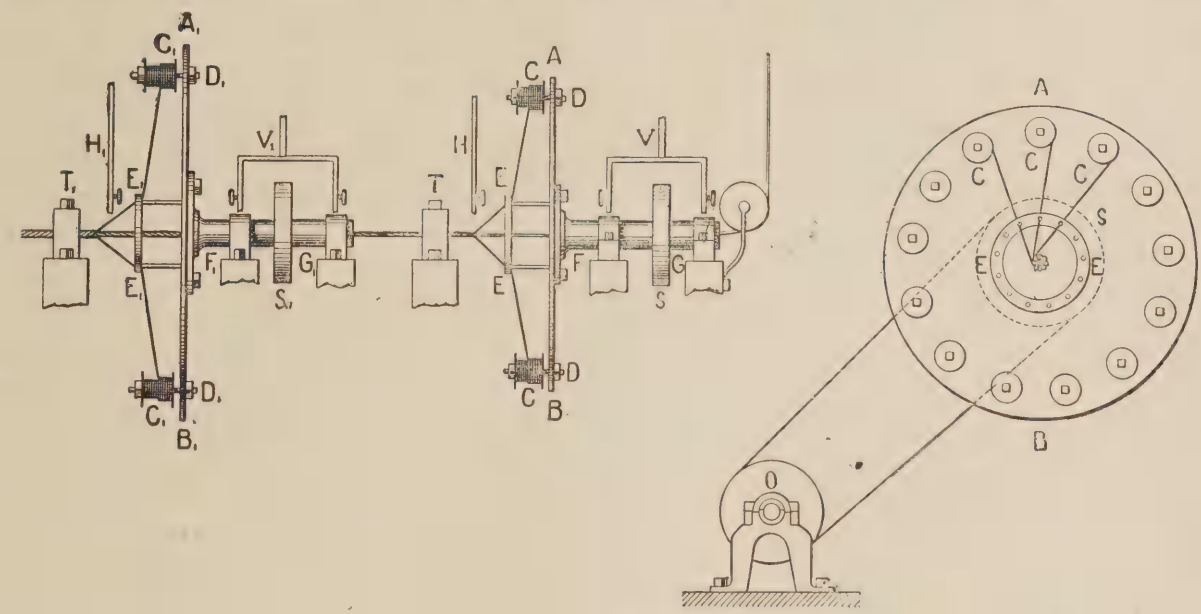


Fig. 76

Une corde en chanvre de Manille pesant 25 grammes par brasse, se rompt sous une charge d'environ 190 kilogrammes, en s'allongeant de 2,6 pour cent de sa longueur. Elle est de 25 à 30 pour cent plus faible qu'une corde semblable en chanvre blanc de Russie et par suite de même force que cette dernière corde goudronnée.

Un mètre cube de chanvre de Russie ou d'Italie pèse environ 620 kilogrammes, un mètre cube de chanvre de Manille, 650 kilogrammes, un mètre cube de chanvre goudronné, 900 kilogrammes.

La machine à recouvrir de chanvre ou de jute les âmes des câbles (fig. 76) se compose d'un axe creux F G, sur lequel est monté un plateau en tôle A B percé de trous à sa périphérie : on engage dans ces trous les tiges qui portent les bobines C couvertes de jute et on les maintient en place à l'aide d'un écrou D que l'on visse, sans le serrer à bloc, sur la face postérieure du plateau, afin que la bobine puisse tourner facilement. Un anneau creux E, percé de trous en nombre égal à celui des bobines, est fixé au plateau par quatre tiges en fer et suit conséquemment son mouvement. Les brins de jute, après avoir quitté les bobines, passent à travers les trous de l'anneau E; de là, ils vont s'appliquer sur l'âme qui traverse l'axe creux F G et qui est sollicitée à se mouvoir dans le sens de sa longueur.

Les fils, au point où ils viennent envelopper l'âme, traversent un toupin T, sorte de collier en fer divisé en deux parties qui sont munies chacune de deux oreilles plates; des bandes de caoutchouc, destinées à donner une certaine élasticité au système, sont interposées entre les oreilles que l'on boulonne les unes sur les autres. Le diamètre intérieur du collier est égal à celui de l'âme recouverte de chanvre : on le règle dans chaque cas particulier. Quelquefois les deux parties du toupin sont mobiles autour d'une charnière (fig. 77) et la moitié supérieure n'est maintenue qu'à l'aide d'un contre-poids.

Un petit tuyau H muni d'un robinet permet de laisser tomber sur l'âme, au moment où elle reçoit sa première couche de chanvre, un filet d'eau destinée à entretenir l'humidité de la gutta et à humecter les matières textiles. Le plateau reçoit

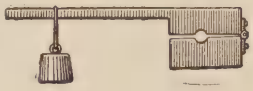


Fig. 77

d'un arbre de couche O, un mouvement de rotation autour de l'axe creux ; cette rotation combinée avec le mouvement de progression en avant du câble, détermine l'enroulement en hélice des fils de chanvre. La rotation du plateau étant très rapide, des tuyaux V, versent constamment de petits filets d'eau sur les paliers qui soutiennent l'arbre F G, pour en éviter l'échauffement. Un frein, formé d'un sabot en bois fixé à l'extrémité d'un levier, peut être serré contre le plateau A et permet d'en arrêter rapidement le mouvement en cas de besoin.

L'âme passe ensuite dans une seconde machine exactement semblable à la première, mais tournant en sens inverse de celle-ci, pour y recevoir sa seconde couche de jute.

E. Wunschendorff

(A suivre)

LES

TRAVAUX DE LABORATOIRE

EXÉCUTÉS A

L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE

EN 1887

Le développement des industries électriques rend de jour en jour plus urgente dans les différents pays la résolution du problème de l'enseignement électrotechnique. Je crois que dans ce moment c'est à l'Institut Montefiore, annexé à l'Université de Liége, que l'on peut en trouver la solution la plus satisfaisante.

Le but de l'institut est de former des ingénieurs électriciens par une suite d'études théoriques et pratiques [1]. Il est dirigé par le professeur Éric Gérard, qui donne aussi les cours.

Le côté caractéristique de l'enseignement est le grand développement donné aux travaux pratiques d'atelier et de laboratoire. C'est six heures par jour qu'on devrait y consacrer, mais en fait, on dépasse de beaucoup cette limite.

J'ai eu la bonne fortune d'obtenir de mon gouvernement, la faculté de passer cette année à l'Institut, et je crois intéressant de donner une idée de ce qu'on y a fait.

Laissant de côté les travaux d'atelier [2] et l'application des méthodes de mesure classiques à la détermination des constantes des piles, des capacités, de l'isolement des coefficients d'induction, etc., je me propose d'indiquer les recherches faites sur les appareils industriels.

On a commencé par l'étude des dynamos, passant successivement d'une machine en série (Weston), à une machine en dérivation (Édison), et à une machine Compound (Jaspar à long shunt) [3]. Pour les mesures, on a gradué un des

(1) *La Lumière Électrique*, t. XIII, p. 207.

(2) Chaque élève, après avoir préparé les outils nécessaires (forets, burins, etc.), a construit, de ses propres mains, un galvanomètre d'après d'Arsonval, des boîtes de shunt, etc.

(3) L'armature est un anneau Gramme, très allongé, dont le noyau ne porte qu'une seule couche de fil pour réduire au minimum l'entrefer. La machine est d'une construction simple et peu couteuse, les noyaux en fonte des inducteurs sont coulés en deux pièces qui se démontent aisément.

galvanomètres construits par les élèves en ampèremètres, par la méthode de Kittler, et un autre en voltmètre au moyen d'une résistance connue, traversée par un courant, dont l'intensité était mesurée par le premier galvanomètre. On obtient de cette manière des résultats très exacts, avec des moyens très simples, qu'on a facilement à sa disposition.

La force était fournie par une turbine Dulait [1]. En règlant convenablement l'arrivée de l'eau, on maintenait constante la vitesse de la dynamo, pendant qu'on faisait varier la résistance du circuit extérieur. Cette résistance était constituée par 18 fils de bronze rectilignes, de 2 ohms de résistance chacun, disposés le long du bâtiment à l'extérieur, et dont les extrémités plongeait dans des godets à mercure. A l'aide de cavaliers, on réunissait les fils de manière à obtenir la résistance voulue. Le travail du moteur était mesuré par un dynamomètre Heffner Alteneck.

Pour chacune des trois machines on a construit, pour différentes vitesses, les courbes donnant en fonction de l'intensité, soit la différence de potentiel aux bornes (caractéristique extérieure), soit la force électromotrice (caractéristique totale), soit le rendement industriel. De l'examen de ces courbes on déduisait quelles étaient les meilleures conditions de fonctionnement de la machine, en tenant compte de ses qualités mécaniques.

Pendant l'examen de la dynamo Weston, on a pu constater et mesurer l'influence qu'avait sur la puissance totale et sur son rendement industriel, un mauvais isolement magnétique.

Pour l'essai, la machine était fixée sur deux rails en fer qui couronnent un long banc en maçonnerie, sur lequel les différentes machines sont placées. On avait reconnu que, à travers la partie inférieure des plaques du bâti de la dynamo et les rails, se formait un circuit magnétique dérivé.

On isola alors la machine des rails au moyen de taquets en bois, et on a obtenu à peu près 15 o/o en plus, tant pour la puissance électrique utile que pour le rendement, comme on voit dans le diagramme (fig. 1).

Avec la même dynamo on a pu aussi vérifier pour les différentes vitesses la proportionnalité, entre les forces électromotrices correspondant à une même intensité, après avoir fait la déduction des *tours morts*.

M. Jaspar avait envoyé à l'Institut pour y être expérimentée, une nouvelle machine compound qu'il était en train d'étudier, et pour cette machine on détermina la résistance à donner au circuit dérivé dans les inducteurs, pour avoir la machine compound dans les limites les plus étendues à sa vitesse normale.

Après les machines à courant continu, on essaya une dynamo Siemens à courants alternatifs. Elle

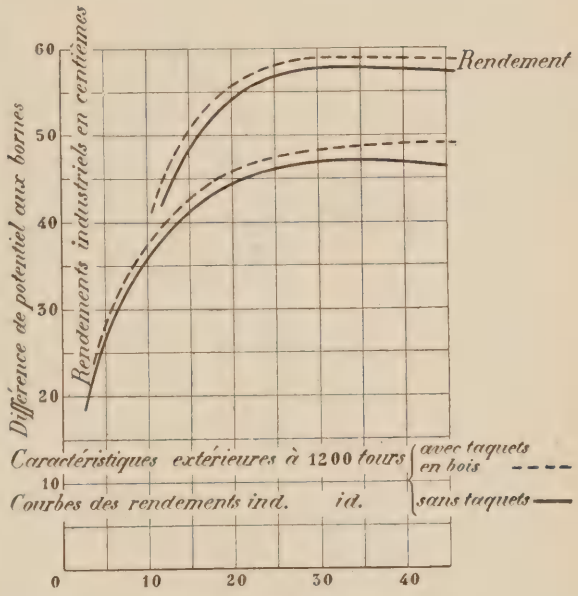


Fig. 1

était mise en mouvement par un moteur à gaz Otto à deux cylindres. Le courant d'excitation était fourni par la Jaspar actionnée par la turbine. Pour les mesures on employa l'électro-dynamomètre Siemens et le voltmètre de Cardew. Comme dans le circuit extérieur on n'avait presque pas de phénomène d'induction, on pouvait multiplier les indications des deux appareils (sans faire aucune correction) pour avoir la puissance utile développée par la dynamo.

Avec la même dynamo on a fait les essais sur le transformateur Gaulard et Gibbs et sur celui de Zipernowsky, en faisant varier la résistance du circuit extérieur et le couplage des bobines. Pour les mesures, on a procédé de deux manières différentes :

[1] L'Institut possède 2 turbines Dulait de 5 chevaux de puissance chacune, et une machine à gaz Otto, de 8 chevaux.

1° On a placé dans le circuit primaire le wattmètre Zipernowsky, et dans le secondaire (les phénomènes d'induction ayant une action négligeable) l'électrodynamomètre et le votlmètre Cardew;

2° On faisait passer alternativement le courant primaire et le secondaire dans le wattmètre avec un système de commutateurs nécessairement un peu compliqué, qu'on avait préparé à cet effet.

Après la dynamo, on a essayé un moteur électrique, le moteur Immisch (fig. 2) [1].

La puissance produite par le moteur était mesurée au moyen d'un frein de Prony, mais au lieu de charger de poids le plateau, on en tenait le bras en équilibre par la tension d'un ressort gradué sur lequel on agissait à l'aide d'un moufle (fig. 3).

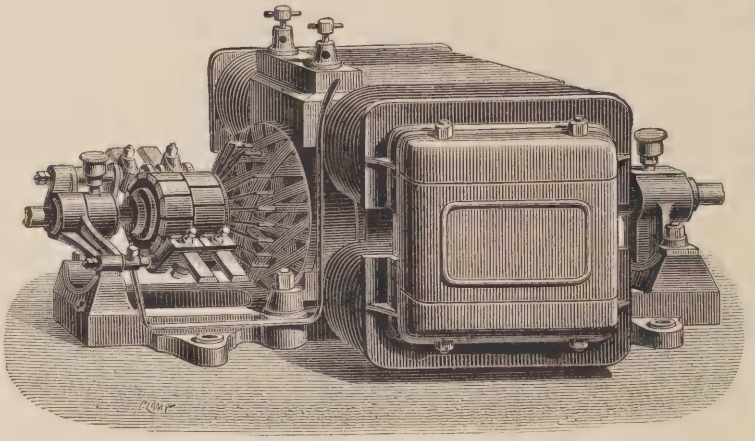


Fig. 2

Aux dynamos firent suite les accumulateurs. On a mesuré la puissance à la charge et à la décharge, le rendement et la capacité des accumulateurs Julien, Elwell-Parker, Plequier, Montaud, de Kabath.

On s'est ensuite occupé des mesures photométriques pour lesquelles l'Institut est admirablement monté. On a comparé entre elles des lampes à incandescence Cruto, Woodhouse et Rawson, Khotinsky, Edison et Swan, avec le photomètre Bunsen. Comme étalon on employait soit la bougie en paraffine, soit l'étalon Siemens à acétate d'amyle, dont la constance est plus satisfaisante. On expérimenta aussi les lampes à incandescence avec le globe Trotter [2].

Des lampes à incandescence on passa à celles à arc. Pour en déterminer la courbe de répartition de la lumière sous différents angles dans un plan vertical, on se servait de l'appareil de M. Rousseau qui permet de comparer les rayons sous les différents angles au rayon horizontal, dont on trouvait l'intensité avec deux photomètres Bunsen à angle droit. Entre la lampe à arc et l'étalon unité, on disposait comme lumière intermédiaire, une lampe à incandescence. On traçait aussi la même courbe par la méthode usuelle du miroir, mais les résultats obtenus avec l'appareil Rousseau sont plus exacts.

Avec les courbes de répartition de la lumière, on a encore étudié l'influence de globes qui différaient entre eux par leur forme et leur nature.

Les essais photométriques les plus intéressants ont été faits avec le photomètre de Weber. Avec cet appareil on a pu mesurer :

1° L'intensité des foyers donnant une lumière directe et de même couleur que la lumière à benzine qui sert comme étalon;

2° La lumière diffuse de même couleur que la lumière de benzine;

3° Les lumières directes ou diffuses de coloration différente.

On a étudié avec cet appareil la répartition de la lumière dans différents points d'une salle, soit en l'éclairant avec plusieurs lampes à incandescence différemment groupées, soit avec une seule lampe à arc pourvue de réflecteur ou non, soit en y laissant pénétrer la lumière naturelle par les fenêtres.

En outre de ces expériences faites par les élèves répartis en groupes (de 6 chacun), qui travaillaient indépendamment, plusieurs élèves ont fait des recherches originales sous la direction du professeur Gérard, qui leur laissait cependant la plus grande liberté d'initiative. On a fait de cette

(1) Voir *La Lumière Électrique*, t. XXIV, p. 259.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, t. XIV, p. 98 et t. XVI, p. 197.

manière des recherches comparatives entre plusieurs piles [1], sur la détermination industrielle de l'intensité du champ magnétique dans les dynamos, sur les suspensions unifilaires et bifilaires, sur différentes formes de galvanomètre [2], sur les variations de poids dans les plaques des accumulateurs pendant la charge et la décharge, pour en définir la théorie, etc.

J'ai tiré cet exposé des travaux faits pendant l'année, directement de mes cahiers de notes. Si je ne me trompe, il prouve qu'on a bien employé

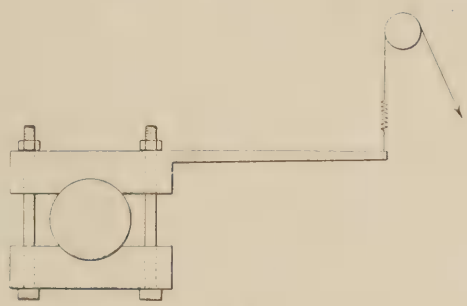


Fig. 8

son temps, et que les ingénieurs sortant de l'Institut Montefiore possèdent, non-seulement des notions théoriques assez approfondies, mais sont également en état de rendre immédiatement dans l'industrie des services très utiles.

F. Pescetto

Capitaine du Génie Italien

A PROPOS DU CHAUFFAGE

A L'AIDE

DU COURANT ÉLECTRIQUE

Nous lisons dans un des derniers numéros de ce journal [3], dans les correspondances spéciales de l'étranger, quelques remarques relatives au chauffage, à l'aide de l'électricité, des wagons de chemins de fer.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, t. XXIV, p 460.
(2) Voir *La Lumière Électrique*, t. XXV, p. 117.
(3) *La Lumière Électrique*, t. XXIV, p. 638.

L'auteur conclut à l'impossibilité de cette application de l'électricité, puisque, d'après ses calculs, il faudrait développer plus d'énergie pour le chauffage des wagons, que celle nécessaire à leur traction.

Cette question du chauffage au moyen de la force motrice et du courant électrique a déjà été traitée précédemment, dans ce journal [1], par M. Lippmann, et, si nous y revenons aujourd'hui, c'est parce que, croyons-nous, la portée scientifique et industrielle de ce dernier travail a été trop perdue de vue ; la preuve en est dans les calculs de la correspondance citée plus haut.

Dans l'article que nous avons en vue, M. Lippmann dit :

« Dès 1853, sir W. Thomson a établi que l'on peut, en brûlant un kilogramme d'un combustible qui dégage par kilogramme 7000 calories, fournir à l'air d'un édifice une quantité de chaleur égale à 20 ou 30 fois 7000 calories ». L'auteur démontre cette assertion à l'aide de formules rigoureuses tirées de la thermodynamique.

Nous renvoyons le lecteur à l'article cité pour la démonstration du principe en question. Nous nous bornerons ici à voir comment on pourra l'employer.

Voyons d'abord en quoi consiste ce principe, qui a l'air quelque peu paradoxal, et discutons un instant comment, il est possible de faire rendre à un kilogramme de charbon plus de chaleur que la chaleur totale de combustion.

La contradiction apparente provient de ce que, au lieu de chauffer directement un corps, on peut le chauffer en y transportant de la chaleur provenant d'un autre corps.

Précisons les idées et supposons que nous désirions chauffer un mètre cube d'air, qui se trouve à la température 0°, à la température de 15°, la température ambiante étant supposée être égale aussi à 0 degré.

Supposons que cette masse se trouve enfermée dans un cylindre de 1 mètre carré de base, et dont le piston mobile se trouve actuellement à une hauteur de 1 mètre. Soulevons le piston à la hauteur de 2 mètres, c'est-à-dire, doublons le volume du cylindre, en soulevant le piston

(1) *La Lumière Électrique*, t. XI, p. 421.

qu'est-ce qui arrivera et quel est le travail nécessaire pour y arriver ?

Calculons d'abord le travail nécessaire pour soulever le piston dans le cas général où on augmente n fois le volume d'air. Ce travail a pour expression :

$$\int (p_o - p)\, d\, v$$

p étant la pression exercée sur le piston,, p_o la pression extérieure et v le volume d'air du cylindre. Comme dans les conditions où nous nous sommes placés, on ne fournit aucune quantité de chaleur, la relation entre les volumes et les pressions est exprimée par la loi de Laplace :

$$p\, v^{\frac{C}{c}} = p_o\, v_o^{\frac{C}{c}}$$

On trouve ainsi

$$\mathfrak{T} = p_o\, v_o \left[n - 1 - \frac{1}{1-\gamma}\left(1 - \frac{1}{n^{\gamma-1}}\right)\right]$$

Dans cette équation, p_o et v_o sont la pression et le volume initial;

$C = 0{,}24$ la chaleur spécifique de l'air, rapportée au kilogramme d'air sous pression normale ;

$\gamma = \frac{C}{c} = 1{,}4$ rapport des chaleurs spécifiques de l'air sous pression et sous volume constants;

$\alpha = \frac{1}{273}$ est le coefficient de dilatation de l'air.

Le travail $\mathfrak{T}$ se trouve donc rapporté au kilogramme d'air, et si on suppose que l'on diminue le volume de moitié, on a

$$n = 2$$

et

$$\mathfrak{T} = p_o\, v_o \left[1 - \frac{1}{0{,}4}\left(1 - \frac{1}{2^{0{,}4}}\right)\right]$$

$$= p_o\, v_o \left(1 - \frac{0{,}25}{0{,}4}\right) = 3100 \text{ kilogrammètres}$$

Dans ces conditions l'air se refroidit par la raréfaction, et pour trouver qu'elle est la diminution de température, il faut appliquer la formule

$$\frac{T}{T_o} = \frac{273 + t}{273 + t_o} = \left(\frac{p}{p_o}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} = \left(\frac{v_o}{v}\right)^{\gamma - 1}$$

Dans le cas que nous considérons, nous avons

$$v = 2\, v_o \qquad \text{et} \qquad t = 0$$

d'où

$$t = 273 \left(\frac{1}{2}\right)^{0{,}4} - 273 = -65^\circ$$

Ainsi, la température de ce kilogramme d'air s'abaisse d'un quantité considérable, de 65°, lorsque à l'aide d'une pompe on double le volume.

Nous avons supposé ici que les parois du cylindre ne peuvent pas laisser passer la chaleur et que, d'autre part, ces parois ne possèdent aucune capacité calorifique. Comme la chaleur spécifique de l'air est très faible par rapport aux chaleurs spécifiques des solides, considérés sous le même volume, (d'une part, parce que la chaleur spécifique de l'air n'est pas très élevée, mais surtout parce que l'air est excessivement léger), ces conditions théoriques ne sont jamais remplies. Toutefois, on constate bien le résultat de ces changements de température à l'aide d'un appareil de physique connu depuis longtemps. Cet appareil, le briquet à air, permet, en effet, d'enflammer de l'amadou sous l'influence d'une pression assez considérable, et l'on peut se proposer, comme exercice, quel doit être la diminution de volume pour que l'air s'échauffe à une température assez élevée, pour permettre à l'amadou de s'enflammer.

Si, au lieu d'un kilogramme d'air, on considère un mètre cube d'air, il suffit de diviser l'expression du travail par 1,3, car 1 m³ d'air pèse 1,3 kilogr.

Lorsque à ces données nous ajouterons les formules qu'on trouve dans l'article précité de M. Lippmann, nous possèderons les éléments nécessaires pour discuter le mode de chauffage dont nous nous occupons ici.

La formule en question est

$$N = \frac{273 + t'}{t' - t}$$

ou t' et t sont les températures intérieure et extérieure et N le nombre de fois qu'on utilise le travail dépensé. On avait trouvé, par exemple, pour $t = 0$ et $t' = 17$, $N = 17$; c'est-à-dire que, dans ces conditions, on utilise 17 fois la chaleur directement employée.

Nous avons vu que, quand on détend de l'air,

il se refroidit considérablement; lorsqu'on réduit son volume à la moitié, la température, en supposant que les parois ne laissent pas passer la chaleur, s'abaissera de 68°.

Admettons une différence de température de 17° entre l'air extérieur et l'air intérieur, différence qui est plus que suffisante dans les climats tempérés; dans ce cas, il faut, comme nous venons de le voir, environ 17 fois moins de chaleur qu'exigerait le chauffage par voie directe.

Bien qu'il soit difficile d'appliquer ce mode de chauffage aux voitures de chemins de fer, nous prendrons tout de même, comme exemple, les chiffres indiqués dans la correspondance en question et nous admettrons que, pour une voiture occupée par 29 voyageurs, il faut, pour élever la température de 17° en fournissant 17 m³ d'air frais par personne et par heure, une quantité de calories égales à 8400 environ. Ceci nécessite d'après la formule que nous venons de citer une dépense par seconde de

$$\frac{8400 \times 430}{60 \times 60} \times \frac{1}{17} = 59 \text{ kilogrammètres}$$

Pour un train de 15 wagons, il faudrait donc $15 \times \frac{59}{75} = 12$ chevaux-vapeur, ou, si l'on compte sur une perte de 25 o/o, une force de 15 chevaux-vapeurs. Ce chiffre est loin du chiffre de 300 chevaux adopté par l'auteur de la correspondance. Il faut toutefois faire remarquer que nous avons admis une différence de température de 17° au lieu de 30°.

Ce chiffre de 15 chevaux pour un transport de 15 voitures n'a rien d'excessif et ce n'est pas cette dépense d'énergie qui en rendrait l'application impossible.

La difficulté proviendrait de la disposition des appareils et pour faire le raisonnement sur un autre exemple, supposons qu'au lieu d'un train de chemin de fer, il s'agisse d'un bâtiment fixe.

Il faut, que l'air dans le réservoir, ait le temps de prendre la température ambiante.

Comme renseignement à cet égard, nous trouvons [1] que le coefficient de transmission de l'air à l'eau, à travers une paroi en tôle de fer, est de 23 calories, c'est-à-dire qu'un mètre carré de surface de paroi laisse traverser, par heure, 23 calories, lorsque la différence de température est de 1°. Dans notre cas, la différence de température n'excéde pas 17° ; on aurait donc, au maximum, $23 \times 17° = 390$ calories par heure et par mètre carré de surface de paroi. Pour les 8400 calories, il faut donc un développement de 8400/390 = 25 mètres carrés environ.

Lorsque, au lieu de l'eau, c'est l'air qui enveloppe le réservoir, il faut, d'après les données du même auteur, environ 3 fois cette surface, pour obtenir le même résultat, ce qui donnerait, dans notre cas, 66 mètres carrés, toujours dans l'hypothèse que la température de l'air environnant ne change pas.

Nous pouvons rapprocher de ces chiffres quelques données, que nous trouvons dans le même ouvrage [1], relatives au chauffage, à l'aide de l'air chaud. Il s'agit du chauffage de 60 cellules (d'une prison cellulaire) ayant chacune 4 mètres de longueur, 2, 50 m. de largeur et 3 mètres de hauteur; et la quantité de chaleur à fournir par cellule est de 300 calories par heure. On admet une différence de 15° entre l'air extérieur et l'air intérieur. On fournit à chaque cellule 50 m³. d'air par heure, cet air se trouvant à la température de 35°, soit 20° au-dessous de la température intérieure normale. La puissance du calorifère doit être, lorsqu'on compte que l'air perd 5° de chaleur, dans les conduites,

$$0{,}306 \times 40 \times 3000 = 36.000 \text{ calories à l'heure}$$

car 0,306 est le nombre de calories qu'il faut fournir à 1 m³. d'air pour augmenter la température d'un degré.

Avec la houille il faudrait donc environ 6 kilos à l'heure, puisque 1 kilo dégage environ 7000 calories.

Quant à la surface de chauffe, l'auteur arrive, avec le système adopté, à 13, 21 m²., et ceci pour 36000 calories à l'heure.

P.-H. LEDEBOER

(A suivre.)

(1) FERRINI, *Technologie de la chaleur*; édition française par M. ARCHINARD, p. 74.

(1) p. 434.

LES

CONDUCTEURS SOUTERRAINS

DE LA SOCIÉTÉ

BERTHOUD, BOREL ET Cie (1)

Câbles pour transmission de force et pour lumière électrique. — C'est surtout pour ces applications de l'électricité que les câbles du système Berthoud, Borel et Cie ont rendu et rendront encore de grands services.

La faible quantité de gutta-percha employée pour recouvrir les conducteurs destinés à la télégraphie et à la téléphonie permet encore de songer à son emploi pour ces usages ; mais il n'en est plus de même pour les conducteurs de grande section destinés aux transports de force et à l'éclairage. Au point de vue de la sécurité, cette matière doit être entièrement proscrite comme diélectrique des conducteurs pour lumière électrique. Il suffirait, en effet, d'un court-circuit, pour provoquer un échauffement anormal amenant la destruction d'un conducteur de ce genre.

Les câbles avec du caoutchouc comme diélectrique résistent à une température élevée, mais leur fabrication est très délicate et leur prix relativement considérable.

Les câbles dont le diélectrique est formé de fibres textiles imprégnées de matière isolante et protégé par des gaînes de plomb, remplaceront certainement peu à peu tous les autres systèmes de conducteurs souterrains. Leur isolement est excellent, ils résistent, sans aucune altération, aux plus hautes température, les soudures sont faciles à faire, ils peuvent être fabriqués en bouts de grande longueur et enfin le prix en est peu élevé.

Parmi les installations faites exclusivement avec les câbles Berthoud-Borel, fabriqués par la maison même (car ce système, imité par d'autres fabricants, est employé dans beaucoup de réseaux de distribution de lumière électrique), nous citerons en particulier le réseau de distribution de lumière électrique de Lausanne, en Suisse, où l'on n'a employé depuis 1882 que ces câbles ; dans ce réseau, les câbles sont placés et dissimulés le long des corniches des maisons et, dans ces conditions, leur conservation est aussi bonne que sous terre.

En 1884, une partie de la ville de Greenoch, en Ecosse, fut éclairée en employant ces câbles ; les essais des conducteurs principaux, dont la pose avait été faite avec le plus grand soin, donnèrent pour résultat un isolement d'environ 6000 mégohms.

A Vienne, l'installation de l'éclairage électrique dans les théâtres de l'Opéra et du Burg, a été exécutée entièrement avec ces câbles, tant pour la canalisation principale qui relie la station centrale à ces théâtres que pour les câbles de distribution qui partent des batteries d'accumulateurs pour aller aux lampes.

La canalisation principale se compose de 4 câbles parallèles formés de 37 brins, et ayant chacun une section de 250 m.m² (fig. 6), et 1500 mètres de longueur. Cette canalisation complètement terminée donnait un isolement d'environ 1500 mégohms par kilomètre.

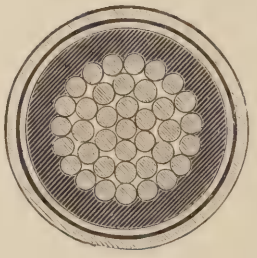


Fig. 6

On sait qu'il existe à Vevey-Montreux, une société d'électricité, fondée dans le but d'exploiter, entre Vevey et Chillon, un chemin de fer électrique et de distribuer aux nombreux hôtels et pensions de cette station climatérique, la force et la lumière dont ils peuvent avoir besoin.

L'installation est maintenant près d'être terminée et on pense que, si rien ne vient entraver la marche des travaux, l'exploitation pourra commencer au mois d'octobre prochain.

Les hôtels et maisons particulières à éclairer, étant répartis sur une longueur de plus de 12 kilomètres, sur les bords du lac Léman, la société d'exploitation a adopté le système de distribution par transformateurs. Nous aurons sans doute occasion de revenir bientôt sur cette installation ; aussi ne considérons-nous pour le moment que la canalisatiou du réseau d'éclairage, canalisation qui est souterraine sur tout le parcours.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 20 août 1887.

Comme il s'agit ici de la transmission de courants alternatifs de haut potentiel, les câbles doivent être sans induction, afin de ne pas influencer les lignes télégraphiques et téléphoniques dont ils longent le parcours.

La maison Berthoud, Borel et Cie, a fourni les

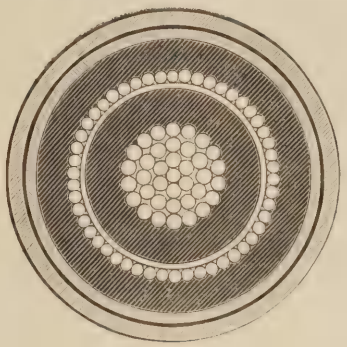


Fig. 7

câbles nécessaires ; ce sont des câbles concentriques du même système que pour la téléphonie seulement, au lieu de prendre le plomb seul pour le conducteur concentrique, ce qui aurait exigé une trop grande section de ce métal, on a pris du plomb et du cuivre. Le circuit principal destiné à être parcouru par un courant alternatif, ayant 2000 volts de tension, est formé par un câble de la composition suivante: (fig. 7, en grandeur naturelle).

Au centre, le conducteur est formé de 37 brins

Fig. 8

de cuivre offrant une section de 110 millimètres carrés ; ensuite vient une couche isolante d'une épaisseur de 4,5 m.m. ; le conducteur concentrique est formé d'un tube de plomb d'environ 1 millimètre d'épaisseur et de 50 fils de cuivre de 1,55 m.m. enroulés en hélice et dont l'ensemble correspond à une section de 100 millimètres carrés de cuivre. Enfin viennent une couche de matière isolante de 4,5 m.m. d'épaisseur et les deux gaînes protectrices de plomb.

Les câbles de dérivation qui se rendent aux principaux tranformateurs, ont une section de cuivre deux fois plus faible (fig. 8 en grandeur naturelle). Le conducteur intérieur est formé de 19 brins de 1,95 m.m. et le conducteur extérieur de 60 fils de 1 millimètre ; la couche isolante a 4,2 m.m. d'épaisseur.

Les conducteurs secondaires d'une certaine longueur, ont des sections de cuivre de 150 millimètres carrés et une épaisseur de matière isolante de 3 millimètres (fig. 9 en grandeur naturelle).

Tous les conducteurs pour la canalisation primaire, ont été essayés à l'usine de fabrication à

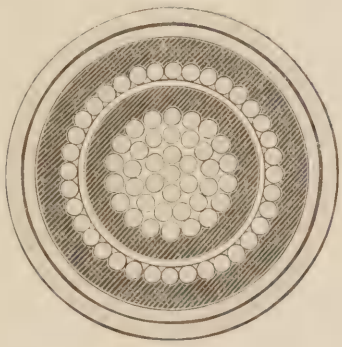


Fig. 9

à la tension de 6000 volts, et ceux pour les canalisations secondaires à 3000 volts.

Les essais faits sur la canalisation primaire et les principales artères de la canalisation secondaire ont donné pour l'isolement pendant la haute température du mois de juillet, la valeur d'environ 2000 mégohms par kilomètre.

On remarque que le conducteur central du câble primaire a une section plus grande que celle du conducteur concentrique. La raison en est que ce conducteur central, ayant toujours une température supérieure à celle du conducteur concentrique, puisque toute l'énergie électrique transformée en chaleur par la résistance du cuivre ne peut s'échapper qu'en passant au travers de l'enveloppe extérieure, il était utile d'augmenter la section pour éviter un trop grand échauffement et, par suite, une trop grande augmentation de la résistance de ce conducteur.

Les jonctions des câbles bout à bout, se font très simplement au moyen de la boîte de jonction

dont la figure 10 donne une perspective; l'intérieur de la boîte est rempli de paraffine, lorsque la jonction a été opérée.

Les dérivations et en général les prises de courant, sont effectuées à l'aide d'une boîte de dérivation articulière. L a figure 11 qui en donne les détails,

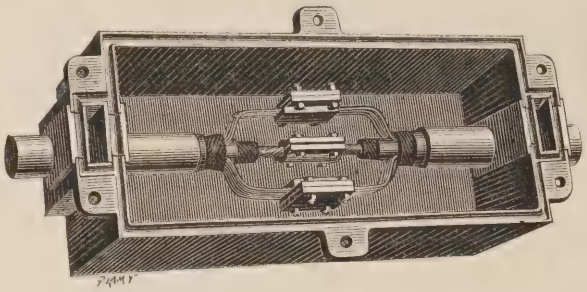


Fig. 10

est assez explicite pour que nous puissions nous dispenser d'insister davantage sur ce point.

Nous pouvons joindre à ces boîtes de jonction et de dérivation, la description d'une boîte d'essai très employée dans les installations de la maison Berthoud, Borel et Cie, pour les câbles à un ou plusieurs conducteurs (fig. 12). A est une boîte en fonte sur deux côtés opposés de laquelle se trouve une chambre B. Le câble dont les bouts sont préparés, est introduit au travers des deux

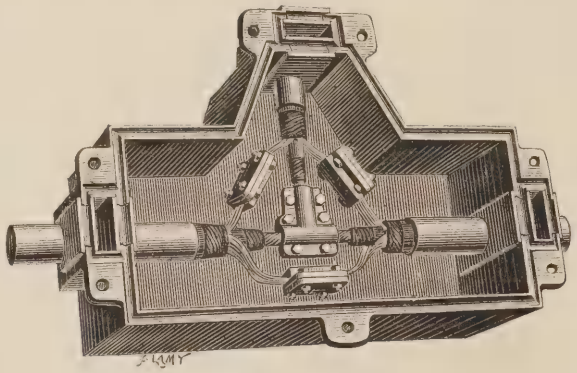


Fig 11

ouvertures de la chambre B dans la partie vide D. Les espaces B sont remplis de brai fondu, puis fermés par le couvercle C sur lequel on verse également du brai. Le brai qui remplit les chambres B a pour but d'empêcher toute introduction d'air ou d'eau dans l'espace D. E est une rondelle en caoutchouc, qui rend le joint étanche par la compression du couvercle G contre la boîte, compression effectuée par quatre boulons.

Nous terminerons cet aperçu de la fabrication de la maison Berthoud, Borel et Cie, en mentionnant la manière dont les extrémités des câbles sont préservées de toute détérioration. Si le coton imprégné qui produit l'isolement des conducteurs, restait sans autre protection à l'extrémité du câble, il pourrait s'introduire de l'humidité qui parviendrait, peu à peu, plus avant dans le câble et en compromettrait l'isolement.

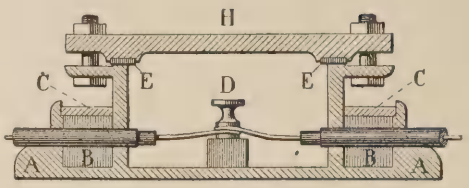


Fig. 12

Pour empêcher cette éventualité, les bouts de câbles à un ou plusieurs conducteurs doivent être revêtus d'un manchon en ébonite percé à l'une de ses extrémités d'un nombre de trous égal à celui des conducteurs et qui s'adapte aisément sur le plomb extérieur; on emplit ce manchon de paraffine fondue au moment où on le met en place, et on obtient, de cette manière, une fermeture parfaitement étanche (fig. 13).

En tenant compte de ce qui précède, nous voyons donc que la maison Berthoud, Borel et Cie qui a été la première, répétons-le, à employer les procédés d'isolement et de mise sous plomb, décrits

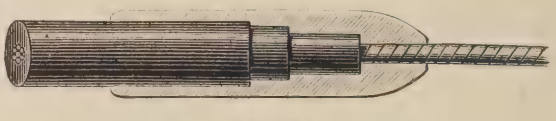


Fig. 13

ci-dessus, fabrique un système complet de câbles, pouvant répondre à tous les besoins de la télégraphie souterraine, de la téléphonie et de la distribution de force et de lumière. Ces câbles possèdent un isolement excellent et peuvent, à ce point de vue, soutenir la comparaison avec les meilleurs câbles au caoutchouc ou à la gutta-percha, et ils ont, en outre, l'avantage de coûter beaucoup moins cher, avantage qui n'est souvent pas à dédaigner.

Disons, en outre, que MM. Berthoud, Borel et Cie, fabriquent, aussi, des condensateurs de précision et pour les usages courants de la télé-

graphie et de la téléphonie, condensateurs dont les bonnes qualités sont connues de tous ceux qui ont eu à les employer. Nous nous bornerons pour le moment à cette simple mention, car nous aurons, prochainement, l'occasion de revenir sur ce sujet, et nous donnerons alors quelque détails sur leur fabrication. A. PALAZ

LE

ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ

DANS LA CRISTALLISATION (1)

Images négatives. — Les arborescences observées au microscope donnent des images ordinaires qu'on peut appeler *positives*. Étant opaques et vues par transmission ou plutôt par éclairement en dessous, elles paraissent *noires* sur le fond blanc du champ. Mais, si on les éclaire obliquement, ou si l'on tourne le miroir du microscope de manière qu'il n'envoie pas de rayons réfléchis, c'est-à-dire quand l'éclairement faible est produit par la seule lumière diffuse venant en dessus de l'objet, ou simplement en passant la main en avant du miroir, de manière à intercepter une partie de la lumière qui arrive sur lui, alors les images sont *blanches* sur fond noir ; images qu'en photographie on nommerait *négatives* par rapport aux précédentes qui sont *positives*.

Lorsque la dissolution employée est épaisse, les arborisations occupent les crêtes de ces espèces de chaînes de montagnes lilliputiennes, montagnes blanches à sommets *noirs* pour les images positives, et à sommets *blancs*, comme neigeux, sur montagnes grises, pour les images négatives.

Ce dernier mode d'éclairement par images négatives offre quelques avantages sur le précédent. Son emploi permet de distinguer mieux les détails et le relief, l'œil n'étant pas ébloui par la lumière concentrée dans le champ ; par suite, il est moins fatiguant pour des observations de durée un peu longue, ou fréquemment répétées.

Répulsions des arborisations emanant de centres voisins

Dans le but de diminuer la rapidité de la cristallisation et de rendre le phénomène observable en ses différentes phases, j'ai eu l'idée d'ajouter à la dissolution une certaine quantité de gomme. La vitesse de formation des arborisations en a été effectivement un peu ralentie, et la longueur des ramifications diminuée, mais il s'est produit un autre phénomène qui a pour nous un intérêt particulier : sur la couche liquide saupoudrée de limaille de zinc, les arborisations émanant de centres voisins se *repoussent* très visiblement, les cristallisations sont arrêtées nettement ou recourbées en face les unes des autres, quel que soit le rapprochement des grains de limaille, semés à profusion sur toute l'étendue de la couche liquide (fig. 15).

Cette répulsion entre arborescences émanant

Fig. 15

de centres voisins était peu marquée avec les dissolutions sans gomme, tandis qu'elle devient frappante avec toutes les dissolutions plus ou moins gommées de diverse nature ; le fait est donc général.

Il ne faudrait pas croire que les intervalles qu'on observe entre les amas voisins soient dus à la contraction de la gomme qui, en se desséchant, laisserait des sillons vides plus ou moins larges. L'effet est bien du à la répulsion des rameaux voisins, puisque le phénomène se produit immédiatement après la chute de la limaille sur le liquide et quand la gomme est encore fluide. La répulsion a donc une origine électrique.

Si, pour faciliter l'adhérence du liquide à la plaque de verre (ce qui n'est pas très facile avec une dissolution aqueuse), on ajoute une très minime partie d'eau gommée, les arborescences

(1) Voir *La Lumière Électrique*, du 13 août 1887.

changent complètement de caractère; elles deviennent grêles, anguleuses, à branches allongées, disposées à angles aigus variables; tandis que,

Fig. 16

sans gomme, elles sont, avec l'acétate de plomb, en étoiles constituées par de nombreux rayons en forme de lances aigües hérissées de pointes perpendiculaires.

Si, au lieu de mêler la gomme à la dissolution, on frotte la lame de verre avec un morceau de

Fig. 16 ter

liège légèrement humecté d'eau gommée, on obtient des arborescences en étoiles d'une très grande délicatesse, mais à branches légèrement courbes, anguleuses, comme celles de l'argent, dans les conditions précédemment citées.

Entre les arborisations métalliques en voie de formation qu'on observe au microscope, au sein de tout liquide, et les mêmes arborisations définitivement fixées sur plaque de verre séche, il y à une énorme différence : les premières sont d'une grande netteté, d'une extrême délicatesse; les secondes sont confuses, leurs pointes et leurs arêtes sont émoussées, les fines ramifications primitives ont disparu. Voici la cause de cette

Fig. 16 bis

différence, de cette transformation, de cette altération : à mesure que les arborisations se développent, leur volume s'accroît, les petites aiguilles métalliques cristallines, voisines les unes des autres, finissent par se toucher, par former des faisceaux, des espèces de balais, de plumets plus ou

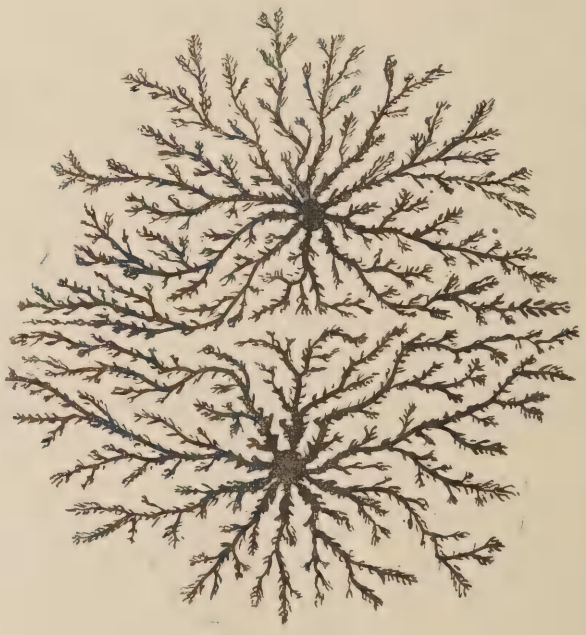


Fig. 16 quater

moins compacts, où l'on ne distingue plus les fines aiguilles si délicates, visibles à l'origine de leur formation. En sorte que, quand les arborisations ont pris tout leur développement dans les conditions particulières de l'expérience, elles ont beaucoup perdu de leur netteté et de leurs formes premières.

De plus, les cristallisations salines (du sel non décomposé et du sel résultant de la décomposition) viennent encore empâter les arborisations et les rendre méconnaissables. Cet effet est d'autant plus marqué que la dissolution est plus concentrée. Voilà pourquoi il n'est pas possible de conserver intacts les échantillons d'arborisations sur lames de verre.

On évite, en partie, cet inconvénient, en faisant écouler le liquide (au moins la majeure partie), après le développement suffisant des arborisations, et avant leur empâtement.

Pour voir les arborisations dans toute leur beauté, il faut donc les observer au moment où elles se développent ; c'est le seul moyen de saisir toutes les délicatesses de leurs dispositions variées.

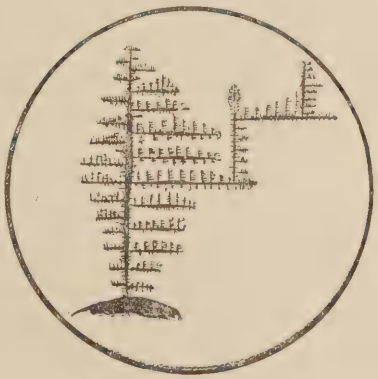


Fig. 17

Décrivons maintenant les arborisations particulières à chaque dissolution et aux diverses conditions expérimentales.

1° *Arborisations d'argent.* — Lorsque la dissolution (d'azotate d'argent) est assez concentrée, les arborisations sont pour ainsi dire instantanées, un peu épaisses, surtout à la base (fig. 15 et 16). Si la dissolution est étendue, elles sont plus délicates et présentent à leurs extrémités des épanouissements en houppes d'une extrême finesse, invisibles à l'œil nu (fig. 16 bis). Enfin, avec une dissolution très étendue, en couche mince, les arborisations sont moins promptes à se former ; elles restent grêles, leurs branches se divisent peu en rameaux ; néanmoins il se forme encore à leurs extrémités quelques épanouissements en houppes soyeuses (fig. 16 ter).

A ce que nous avons dit, en général, des dissolutions mêlées à la gomme, nous n'ajouterons rien de spécial pour la dissolution argentique (fig. 16 quater).

2° *Arborisations de plomb.* — Elles sont très curieuses à observer :

a) Avec une dissolution concentrée d'acétate de plomb, elles se présentent en étoiles formées de 20 à 25 rayons ou fuseaux, (ordinairement rectilignes, quelquefois bifurqués ou recourbés). autour de chaque grain de limaille (fig. 14 et 17). Perpendiculairement à ces rayons, sont implantés des cristaux brillants dont les longueurs von

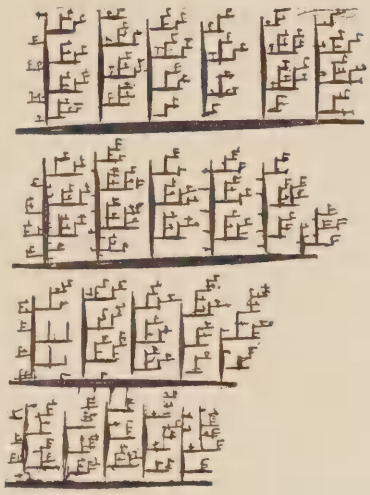


Fig. 18

en diminuant à mesure qu'ils approchent des extrémités ; ce qui donne à l'ensemble l'aspect de mâts de navires, avec des vergues nombreuses sur lesquelles des marins seraient debout, ou encore, la figure de sapins avec leurs branches perpendiculaires au tronc et leurs ramifications également perpendiculaires entre elles. Les arborisations qui se développent en moins de trois secondes sont très belles et très brillantes ; ce n'est que par la suite qu'elles perdent de leur netteté, comme nous l'avons dit précédemment.

Les figures 17 et 18 montrent les arborisations de plomb formées sur un des rayons ou fuseaux, issus d'un grain de limaille de zinc, ou obtenus au moyen d'une petite rondelle de zinc de 4 m.m., grossissement : 50 et 200.

b) Si la dissolution est très concentrée, en couche

mince, et si les grains de limaille sont assez rapprochés les uns des autres, la cristallisation est véritablement instantanée ; les cristaux sont tellement serrés que tout ce qu'on voit dans le champ du microscope ressemble à un fagot d'épines sèches.

c) Avec une dissolution étendue, les ramifications,

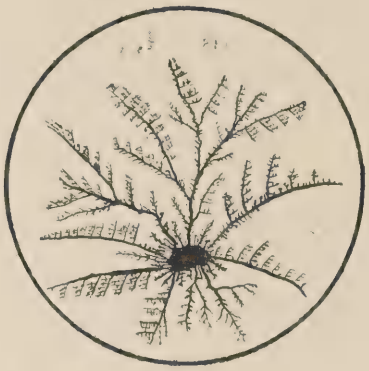


Fig 1

quoique partant d'un même centre, ne rayonnent plus en lignes droites ; elles affectent des formes analogues à celles des branches d'arbres plus ou moins sinueuses, avec des cristaux implantés plus ou moins obliquement (fig. 19). Mais ce qui

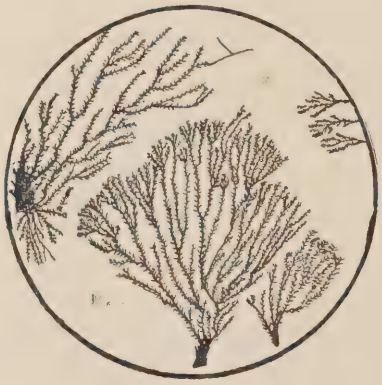


Fig. 19 bis

distingue surtout ces arborisations des précédentes, c'est qu'à leurs extrémités, et avec une lenteur relative, elles s'épanouissent en éventail, en plumes, en forme de queue de paon, d'une délicatesse extrême (fig. 19 bis), formes où l'on ne distingue plus rien de métallique et d'opaque. On croirait que ce sont des cristaux blancs, diaphanes de la dissolution, qui font suite aux cristallisations métalliques ; mais il n'en est rien : c'est bien du plomb qui la constitue à un état de minceur extrême, elles ressemblent à des végétaux parasites implantés comme le gui sur les branches du chêne.

d) Enfin, si la dissolution est extrêmement étendue, les arborisations sont grêles, peu nombreuses autour de chaque grain de limaille et ressemblent souvent à des pattes d'araignées (fig. 19 ter).

e) Lorsqu'on ajoute de la gomme à une dissolution étendue, les végétations sont grêles, lentes et peu développées.

f) Ce que nous avons dit précédemment de la ré-

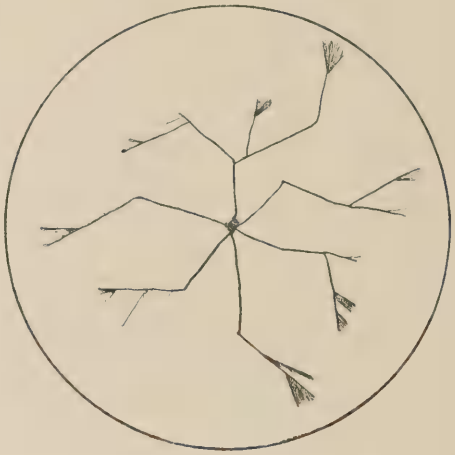


Fig. 19 ter

pulsion des arborisations émanées de centres voisins, sur les dissolutions gommées, est tout particulièrement applicable aux arborisations de plomb (fig. 15).

3° *Arborisations de cuivre.* — Elles diffèrent assez sensiblement des précédentes par leurs formes empâtées depuis la base jusqu'aux extrémités des rameaux, (fig. 11 bis et 20). Elles on de l'analogie avec les arborisations de sulfure de fer qu'on trouve dans les ardoisières et que nous verrons plus loin.

Avec une dissolution un peu concentrée de sulfate de cuivre, les arborisations sont analogues à des rameaux de bruyères, à des plumets plus ou moins droits (fig 20).

La végétation métallique est si rapide en cette circonstance que la limaille *blanche* de zinc en

tombant sur la couche liquide, se change immédiatement en arborisations *rouges* de cuivre réduit, visibles à l'œil nu.

A mesure qu'on étend la dissolution, les vé-

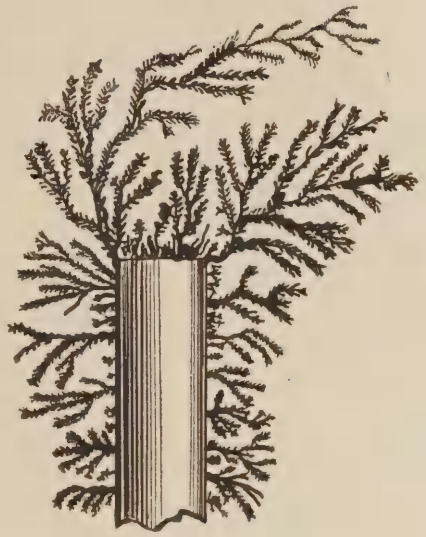


Fig. 20

gétations deviennent moins épaisses. Pour un certain degré de dilution, il se forme, à la suite des arborisations ordinaires compactes, d'autres ramifications extérieures très délicates, en éventails, en houppes analogues à celles que nous avons relatées précédemment au sujet de l'argent

Fig. 21

et du plomb, mais bien plus fréquentes, plus nombreuses, bien plus fines et plus belles avec la dissolution cuivrique, (fig. 20 bis, grossissement de 25 diamètres).

En ajoutant de la gomme à la dissolution cuivrique, on obtient des effets correspondants à ceux qui ont été décrits précédemment: le ralentissement dans la vitesse de formaion des arborisations, la *répulsion* entre branches de végétations voisines, issues de centres différents.

Si la dissolution, tout en renfermant une certaine quantité de gomme qui la rend épaisse, ne contient que peu de sulfate de cuivre, les arborisations ne se forment que très difficilement, restent incomplètes ou amorphes.

Il est à remarquer que le cuivre mis à nu dans les cristallisations bien développées, perd au bout

Fig. 21 bis

de quelques heures sa couleur rouge et devient d'un brun noir d'oxyde.

Dans quelques cas particuliers, pour des dissolutions assez étendues, il s'est produit des arborisations de plomb ou de cuivre en étoiles à centre

Fig. 20 bis

vide, ou en couronnes, c'est-à-dire où la limaille de zinc, après avoir déterminé la formation des arborescences, avait disparu complètement (fig. 21 et 21 bis). Après l'épuisement du métal précipitant, les ramifications du métal précipité se sont repoussées comme étant chargées d'une même électricité.

ADDITION

Aux noms des divers auteurs que nous avons cités précédemment [1], au sujet des *végétations ou arborisations métalliques*, nous devons ajouter celui de M. Righi.

On sait que le phénomène de l'*arbre de Mars* découvert, il y a deux siècles, par Glauber, s'ob-

Fig. 22

tient en jetant quelques cristaux de sulfate de fer dans une dissolution de silicate de potasse (verre soluble) ; il se forme, sur chaque cristal, des arborescences en aiguilles presque verticales.

M. Righi a expliqué la formation, la disposition de ces aiguilles et le rôle des bulles de gaz qui se produisent dans certains cas [2].

MM. Mure et Clamont avaient obtenu des arborescences analogues, avec des sulfates de cuivre, de zinc, de manganèse, de cadmium et les

Fig. 23

azotates de chaux et d'argent, en employant toujours le silicate de potasse.

Application. — En voyant avec quelle rapidité se forment les cristaux métalliques, à l'aide de quelques grains de limaille de zinc jetés sur une mince couche d'une dissolution saline, et en remarquant combien il est facile de distinguer les unes des autres les arborisations de natures différentes (pour ne parler ici que de l'argent, du plomb et du cuivre qui ont fait l'objet principal

Fig. 23 bis

de nos recherches), il vient immédiatement à la pensée, la possibilité de faire application de ces résultats à reconnaître dans une dissolution donnée la présence de l'un des métaux précités, en un mot, à en faire un moyen *d'analyse qualitative*. On préparerait, à cet effet, des test-objets qui serviraient indéfiniment de terme de comparaison

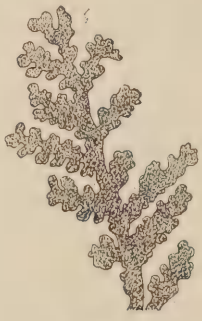


Fig. 23 ter

pour diverses dissolutions plus ou moins étendues.

On pourrait même déjà juger par ce moyen, à la rapidité de formation des arborisations et à leur allure, si la dissolution est plus ou moins riche en tel ou tel métal.

Il serait possible aussi de constituer des test-objets obtenus par des mélanges de dissolutions salines n'ayant entre elles aucune action chimique.

L'ensemble de ces moyens constituerait une méthode simple d'analyse rapide au petit microscope ou à la loupe.

(1) *La Lumière Électrique*, 6 août 1887, p. 274.

(2) *Sulla formazione de l'albero di Marte. Estratta delle Mémorie dell'Académia delle Scienze dell Instituto di Bologna*, 11 décembre 1879.

La production instantanée des végétations métalliques ainsi que celle des arborisations électrolytiques, fournit un moyen de réaliser au microscope solaire des expériences extemporanées pour un cours public. La vue de ces belles cristallisations qui poussent rapidement les rameaux de tous côtés, est un spectacle qui intéresse vivement ceux qui en sont témoins.

— Avant de quitter ce sujet, nous ferons encore un rapprochement entre les formes des dentrites décrites précédemment et celles d'une autre origine et d'une autre nature, qu'on trouve dans certaines *agates*. Nous disons *dans* les agates, car les infiltrations métalliques qui ont déterminé ces

Fig. 24

dentrites ont pénétré la masse de ces pierres, par des fissures microscopiques, en sorte qu'on peut scier ou polir ces agates, sans faire disparaître les dentrites souvent fort belles (fig. 22). Ajoutons cependant qu'on donne plus particulièrement le nom de *dentrites* aux arborisations qui ne sont que superficielles, tandis qu'on applique souvent le nom d'*arborisations* à celles qui se trouvent dans l'intérieur. (V. Flammarion: *La Terre avant la Création de l'homme*, p. 208).

Enfin, on peut remarquer que les *arborisations de sulfate de fer* qu'on trouve très fréquemment dans les ardoisières d'Angers, affectent des formes (fig. 23, 23 bis, 23 ter) qui se rapprochent beaucoup de celles des plantes fossiles avec lesquelles on les a souvent confondues. Les figures 23 et 24 en montrent la différence.

(A suivre) C. Decharme

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Détermination de la self-induction d'un conducteur à l'aide de courants induits, par F. Kohlrausch [1]

Sous l'influence d'un courant induit instantané (*Inductionsstoss*) d'une dérivation spéciale, l'aiguille d'un galvanomètre éprouve une déviation brusque due à deux extra-courants opposés qui exercent une action instantanée facile à observer. Deux méthodes, celles du galvanomètre différentiel et du pont de Wheatstone s'emploient indifféremment pour cette étude.

Méthode du galvanomètre différentiel. — Le courant secondaire d'un appareil d'induction se partage dans deux circuits partiels : l'un se compose de la bobine de résistance r dont on veut mesurer le coefficient de self-induction L et d'un des cadres du galvanomètre ; l'autre est formé d'une résistance égale sans self-induction et du second cadre du multiplicateur. Dès qu'un courant instantané induit se produit, l'aiguille est déviée tout à coup et si cette impulsion a une durée négligeable à côté de la durée d'oscillation de l'aimant du galvanomètre, l'amplitude du mouvement sera due à une impulsion instantanée et pourra être facilement distinguée du mouvement oscillatoire ordinaire.

Si i_0 et i_1, sont les intensités du courant dans les deux circuits partiels, g la résistance de chaque cadre du galvanomètre et E la force électromotrice de l'inducteur au temps t, R sa résistance on aura

$$i_1 - i_0 = \frac{L}{r+g}\frac{di_0}{dt}$$

et l'équation différentielle du mouvement de l'aiguille sera

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{CL}{r+g}\frac{di_0}{dt}$$

C désignant la constante du galvanomètre.

[1] *Annales de Wiedemann*, vol. XXXI, p. 594.

Si l'aiguille était au repos au moment où l'impulsion s'est produite on aura la relation

$$\frac{dx}{dt} = \frac{L}{r+g} C i_0$$

et en intégrant on trouve pour la déviation

$$x' = \frac{L}{r+g} \frac{1}{2R+r+g} C \int E\, dt$$

Le facteur $C \int E\, dt$ se détermine en envoyant une impulsion induite dans un des cadres du galvanomètre, à travers une résistance suffisante R'.

Le courant produit est alors

$$i = \frac{E}{R+R'+g}$$

et il produit une déviation x qui se trouve égale à

$$x = \frac{\tau C \int E\, dt}{\pi (R+R'+g) S}$$

où

$$S = K^{\frac{1}{\pi} \text{arc tang} \frac{\pi}{\lambda}} \qquad K = e^{\lambda}$$

Dans ces formules λ est le décrément logarithmique du mouvement de l'aiguille pendant cette dernière mesure, τ la durée d'oscillation sans amortissement. Le coefficient que l'on cherche est

$$L = \frac{x'}{x} \frac{1}{\pi} (r+g) \frac{2R+r+g}{R+R'+g} \frac{1}{S}$$

Méthode du pont. — Soit r_0 la résistance du conducteur dont on veut déterminer le coefficient de self-induction L ; on choisit trois autres résistances $r_1\, r_2\, r_3$ n'ayant pas de self-induction, que l'on groupe de manière que

$$r_0\, r_3 = r_1\, r_2$$

Cette condition est remplie lorsqu'une pile constante remplaçant l'inducteur ne produit aucune déviation au galvanomètre.

La force électromotrice E de l'inducteur produit dans la résistance r_0 le courant

$$i_0 = E \frac{r_3}{R\, r_2 + r_3 (R + r_0 + r_2)}$$

et la force électromotrice d'induction est

$$L \frac{d i_0}{dt}$$

cette dernière donne naissance dans le galvanomètre, à un courant d'intensité

$$i' = \frac{L}{Q} \frac{dE}{dt}$$

où

$$Q = \frac{R\, r_2 + r_3 (R + r_0 + r_2)}{r_3} \times \frac{g r_2 + r_0 (g + r_2 + r_3)}{r_2}$$

La déviation de l'aiguille est

$$x' = \frac{L}{Q} C \int E\, dt$$

et ce dernier facteur se détermine comme dans le premier cas.

On en déduit

$$L = \frac{x'}{x} \frac{1}{\pi} \frac{1}{R+r+g} \frac{Q}{S}$$

Cette méthode est avantageuse lorsqu'on ne désire connaître L qu'avec une exactitude de 1 à 2 o/o, car elle est rapide et ne demande pas une installation bien compliquée.

A. P.

Nouveau rhéostat, de M. F. Kohlrausch (1)

Dans les mesures électriques on emploie souvent des résistances très différentes dont le rapport qui peut être de 1 : 100 doit être connu avec une exactitude de 1/10000, par exemple. Il est très difficile, sinon impossible, d'obtenir ce résultat avec les réhostats actuellement en usage car on ne peut pas les contrôler aisément et tenir compte de la variation produite par l'élévation de température causée par le passage du courant.

M. Kohlrausch indique un moyen très simple de remédier à ces nombreux inconvénients et d'obtenir avec la plus grande exactitude des rapports de résistances égaux à 16, 81, 256, etc., c'est-à-dire à n^4, n étant un nombre entier.

Si l'on possède n résistances égales de valeur r et le même nombre de bobines de valeur R où $R = n^2 r$ environ, on aura des résistances à peu près égales en plaçant les r en série et les R en dérivation. Une comparaison par une des nom-

(1) *Annales de Wiedmann*, vol. XXXI, p. 600.

breuses méthodes connues donnera tout de suite

$$\frac{R}{n} = n\,r\,(1 + \varepsilon)$$

En groupant les r en dérivation et les R en série, on aura $\frac{r}{n}$ et n R.

Le rapport de l'un à l'autre est de $n^4\,(1 + \varepsilon)$.

Il n'est pas indispensable que toutes les résistances d'un même groupe soient identiques ; elles peuvent différer de 1 à 2 o/o sans que les résultats définitifs s'en trouvent influencés.

M. Kohlrausch a fait construire par Siedentopf, à Würzbourg, un rhéostat spécial dont voici la description. Il renferme des bobines de 1, 100

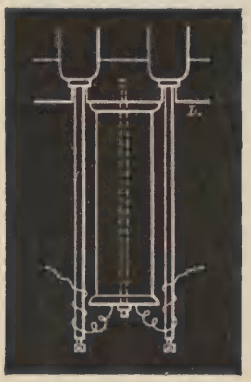


Fig. 1

et 10,000 ohms au nombre de 10 par groupe et arrangées en trois séries parallèles (fig. 2). Elles sont en fil de maillechort de 0,1 m. m., 0,5 m. m. et 1,2 m. m. d'épaisseur. Les extrémités de chaque bobine sont fixées à deux tiges de cuivre de 4 millimètres de diamètre dont les bouts élargis supportent des godets d'acier qui sont soigneusement soudés et amalgamés à l'intérieur. On les remplit de mercure et ils forment les bornes de chaque résistance ; tous sont réunis avec une plaque d'ébonite comme dans les boîtes ordinaires. Les fiches sont remplacées par des tiges de cuivre de 6 centimètres de longueur et 5,5 m. m. d'épaisseur dont les extrémités sont soigneusement amalgamées. La résistance de chaque tige est d'environ 0,00005 ohm et se détermine exactement en en mesurant 60 mis à la suite l'un de l'autre.

Il est inutile d'insister sur la vérification des différentes résistances que l'on peut toujours effectuer avec une très grande exactitude, d'un grand nombre de manières et dans un espace de temps très court ce qui est très important dès qu'il s'agit de mesures exactes.

Les avantages de cette nouvelle disposition sont nombreux. On n'a que trois séries de bobines différentes et celles-ci étant dans chaque groupe égales entre elles, auront les mêmes propriétés au point de vue des variations de température. Quand on voudra obtenir de faibles résistances, on groupera les bobines en dérivation et la chaleur produite par le courant ne sera pas sensible à cause de l'emploi de grandes masses métalliques offrant une surface de rayonnement étendue.

Ce nouveau rhéostat ne présente pas les causes

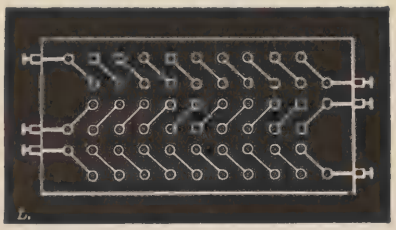


Fig. 2

d'erreur dues à l'emploi des fiches dont toutes les boîtes actuelles sont munies. Celles-ci présentent une résistance appréciable qui est d'environ 1/6000 d'ohm et qui varie avec le degré de propreté, le serrage et l'usure.

Les tiges de cuivre ont une résistances invariable de 1/20000 d'ohm au maximum. On peut, du reste, en tenir compte lorsqu'elles relient ou servent à former de très faibles résistances ; dans le cas le plus défavorable elles ne peuvent occasionner qu'une correction maxima de 0,00028 ohm.

Ce nouveau rhéostat peut même remplacer, jusqu'à un certain point, les boîtes ordinaires lorsqu'on ne désire pas obtenir le rapport de deux résistances, mais bien une résistance unique de valeur donnée. En effet, à l'aide de 10 bobines égales valant chacune 100 ohms, on peut former 94 résistances différentes variant entre 10 et 1000, les deux autres groupes en donnent un nombre

égal et la combinaison des trois permet de varier sur une très large échelle la résistance totale que l'on veut établir.

A. P.

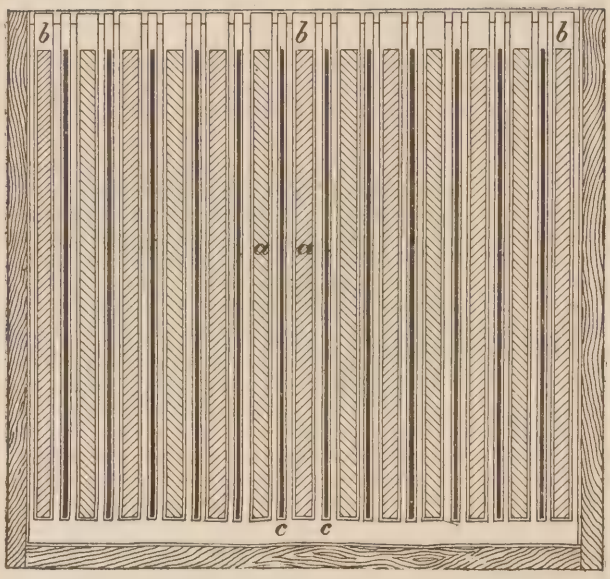
Essais d'accumulateurs

Nous lisons dans l'*Électrical Review* de Londres (5 août), les détails suivants sur un essai d'accumulateurs fait par un ingénieur, M. H. Lea, pour l'*Union E. P. and L. C°*. (Palace Chambers Westminster), la compagnie qui exploite les éléments à la lithanode de M. D. Fitz-Gérald.

Les essais ont porté sur trois éléments dont voici les constantes.

Nombre d'anodes.....	5	5	5
Nombre de cathodes..	6	6	6
Dimensions des plaq..	17,5×10	17,5×10	17,5×10
Poids des anodes.....	3,10	3,01	3,12
Poids des cathodes....	2,60	2,57	2,50
Acide.....	2,53	2,68	2,53
Boîte, etc.....	1,30	1,29	1,25
Poids total.....	9,53	9,55	9,40

L'essai principal a consisté a décharger pendant



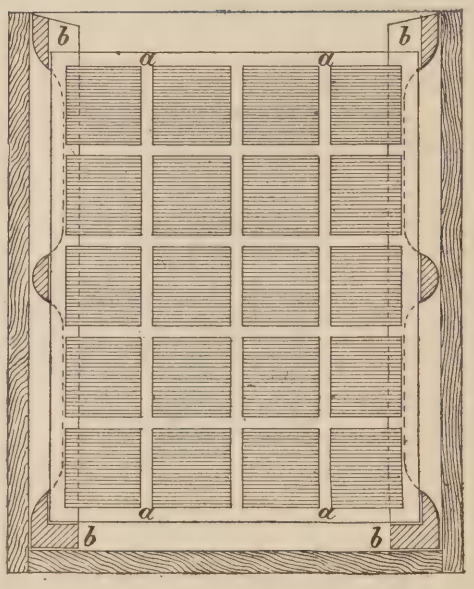


Fig. 1 et 2

un mois ces éléments, jusqu'à ce que la force électromotrice tombe à 1,3 volt, et en ne les rechargeant qu'à la moitié de leur capacité.

Les plaques de lithanode ont parfaitement supporté ce traitement.

En déchargeant les accumulateurs à raison de 10 ampères, l'élément fournissait 95 ampères-heures, avant que la force électromotrice ne tombe de 10 o/o.

Comme il n'est pas nécessaire de charger les éléments à fond, on peut se contenter des indications du voltmètre, qui montre le moment où la force électromotrice voulue est atteinte.

Le rendement en quantité était d'environ 91 o/o.

En comparant ces chiffres, on trouve:

		Par ampère de décharge	Par ampère-heure
	kgs.		kg.
Poids des plaques.....	5,70	0,57	0,06
Poids de l'accumulateur.	9,53	0,95	0,10

D'un autre côté, nous trouvons les renseignements suivants dans *The Electrician* (15 juillet), au sujet d'un *nouveau* type d'accumulateur, dû à M. C. Smith, et sur lequel M. Miller a fait une série d'essais.

Cet accumulateur (fig. 1 et 2), n'offre comme particularité que l'emploi de feuilles de plomb, repliées et introduites dans les ouvertures carrées des grillages. Les feuilles des plaques négatives peuvent être peintes préalablement, avec du minium, ou bien, on peut les former d'après le procédé Planté.

Comme on le voit, les plaques sont insérées dans des grilles *b b* en ébonite, et séparées les unes des autres par des diaphragmes perforés *c c*, en ébonite ou tout autre isolant.

Les accumulateurs essayés par M. Miller consistaient en 12 éléments, formés chacun de 3 plaques, une positive et deux négatives ; la dimension des plaques était de 14×9 c.ms., avec des trous d'environ 6 c.m².

Le plomb de remplissage était peint au minium, et de plus, on en avait également rempli les interstices entre les feuilles.

Les dimensions et le régime de ces accumulateurs sont résumés dans le tableau suivant :

Régime : charge	30 — 40 amp.
Décharge	45
Capacité en ampères-heures	400
Dimensions du vase extérieur : longueur.	22 centimèt.
Largeur	20 —
Hauteur	25 —
Poids y compris l'acide et le récipient	30 kilog.

Le rendement, soit le rapport de la quantité d'électricité à la décharge à celle de la charge, varie de 50 à 80 o/o suivant l'allure de la décharge.

E. M.

La nouvelle machine Phœnix

Nous avons donné, dans un de nos articles [1], quelques détails sur un type transitoire essayé par la maison Paterson et Cooper ; nous trouvons dans le journal *Industries* (29 juillet), les constantes du dernier modèle auquel la maison précitée s'est arrêtée. Après un grand nombre d'autres constructeurs, parmi lesquels nous citerons seulement MM. Kapp en Angleterre, Cabella en Italie, Gramme en France, et Ross et Bruckner en Autriche, MM. Paterson et Cooper ont adopté le type en simple fer à cheval dit *supérieur*.

Les inducteurs sont formés d'une seule pièce de forge, et comme base, on s'est contenté de boulonner à la culasse, deux pièces de fonte en équerre.

Les bobines, de forme rectangulaire, sont enroulées sur un corps en tôle de fer avec des joues en cuivre ; on les introduit, comme dans la machine Gramme, avant de monter l'anneau.

Les paliers sont formés de deux pièces en bronze fixées aux pièces polaires.

L'induit est un anneau Gramme, dont le noyau est formé par des tôles de fer au bois de 1,5 m.m. environ, séparées par du papier verni à la gommelaque et réunies par 4 boulons isolés, à deux têtes en bronze, clavetées sur l'arbre.

Ce noyau est lisse à l'extérieur, les constructeurs n'ont pas jugé à propos de conserver les dents dont ils ont fait usage dans certaines de leurs machines.

Voici les principales données de ce type, dont les électros sont excités en dérivation.

Nombre de tours	700.
Vitesse périphérique	12,6 m.
F. F. M. aux bornes	250 volts.
Courant extérieur	100 ampères.
Courant d'excitation	3 ampères.
Nombre de spires inductrices	2 × 3540 = 7080
Résistance	83 ohms.
Densité de courant	1,6 amp. p. m. m.²
Surface de radiation	7800 c. m.².
Surface par watt dépensé	10,4 c. m.².
Spires induites	360.
Densité de courant	3,6 ampères.
Diamètre extérieur de l'anneau	35 c. m.
Diamètre intérieur	20 c. m.
Longueur du noyau	30.
Section du fer dans l'anneau.	390 c. m.².
Section du fer dans l'inducteur (20,3 × 30,4),	610 c. m.².
Entrefer	1,43 c. m.
Champ (moyen)	3700.
Flux d'induction utile	6.250.000.
Induction spéc. armature	16.000.
Induction spéc. inducteurs	10.200.
Poids	1400 kilog.

[1] *La Lumière Électrique*, XXIV, p. 219.

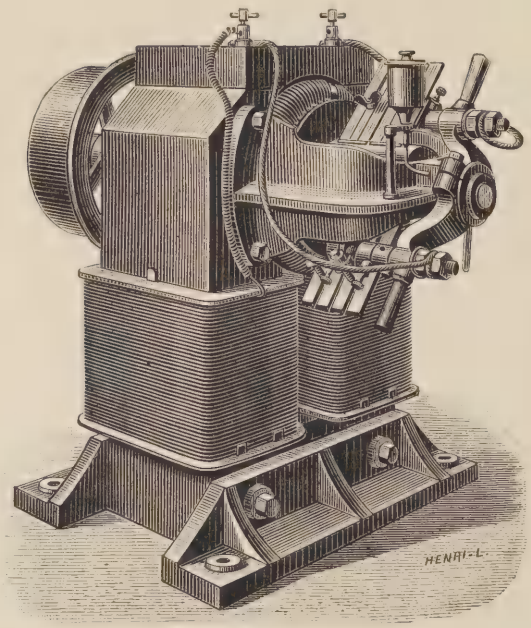
L'enroulement de l'anneau comprend deux couches de fil carré de 3,75 m.m. de côté.

Comme on le voit par les chiffres que nous avons calculés, la densité de courant est près de deux fois plus forte dans l'induit que dans les inducteurs, ce qui est du reste logique.

La force électromotrice totale est de 258 volts, en sorte que le rendement électrique de cette machine est de

$$\frac{250 \times 100}{258 \times 103} = 94 \text{ o/o}$$

Le champ que nous avons indiqué n'est que le champ moyen, c'est-à-dire calculé, dans la sup-



position qu'il s'étend de chaque côté, sur la moitié de la circonférence de l'induit.

N'ayant pas les dimensions des pièces polaires, nous n'avons pu calculer le champ vrai, comme nous avons l'habitude de le faire; mais dans ce cas, il doit être voisin de 4,500 unités.

D'après les chiffres indiqués, il ne paraît pas qu'on utilise l'excitation d'une manière très remarquable, car, du potentiel magnétique total ($4 \pi n i = 26750$), on n'utilise dans l'entreter qu'une fraction assez faible. (Au maximum 16000, en comptant 60° pour la distance angulaire des extrémités des pièces polaires).

Il y a là une discordance avec les chiffres que l'on trouve d'ordinaire, et qui, si les données primitives sont exactes, doit provenir d'une forte réaction de l'induit.

La machine développant une puissance totale d'environ 35 chevaux, le poids par cheval est de 40 kilogrammes.

E. M.

Les propriétés physiques de l'acier manganifère, par W. F. Barrett.

Nous avons déjà plusieurs fois parlé des singulières propriétés de certains aciers manganifères; nous croyons cependant que nos lecteurs trouveront quelque intérêt à des renseignements précis, que nous tirons d'une conférence faite par l'auteur à la *Société Royale* de Dublin [1].

C'est M. Bottomley qui, le premier, a attiré l'attention sur ces aciers (au point de vue magnétique), à la réunion de la *British Association*, à Aberdeen, en 1885. Ils sont fournis couramment par MM. Hadfield et Cᵉ à Sheffield, qui ont pris un brevet pour leur fabrication.

L'analyse chimique d'un échantillon de cet acier a donné les résultats suivants :

Fer	Manganèse	Charbon	Silicium	Phosphore	Soufre
86,68	12,25	0,80	0,15	0,100	0,02 o/o

On fabrique d'autres variétés de cet acier, mais celle-ci est plus généralement employée. Des échantillons ont été exposés pour la première fois à l'*Institution of Mechanical Engineers*, à Londres, au commencement de 1884.

On sait que, depuis quelques années, le manganèse a éte appliqué à la fabrication de divers aciers, mais on admettait généralement qu'en dépassant 1 o/o, on rendrait le métal en traitement inutilisable et que toute augmentation de cette proportion rendrait le métal sans valeur.

MM. Hadfield ont reconnu, après une longue série d'expériences et d'essais, qu'on pouvait obtenir d'excellents résultats en ajoutant le ferro-manganèse ordinaire du commerce au fer ou à l'acier, et en faisant varier la quantité de manganèse de 7 à 20 o/o.

Ce ferro-manganèse est ajouté dans l'acier en fusion, de façon à bien l'incorporer. Cet acier

(1) Voir *Iron*, v. XXIX, p. 356 et *Engineer*, février 1884.

fondu a l'avantage d'être beaucoup plus exempt de soufflures et d'autres défauts semblables, mais sa propriété la plus remarquable est sa grande raideur et sa dureté extrême. On peut cependant le forger etle laminer.

Enfin, sa fluidité permet de faire des fontes d'une grande finesse.

Un fait curieux, c'est que la trempe produit, sur cet acier, l'effet contraire de celui qu'elle produit ordinairement : porté à une température voisine de la fusion et trempé dans l'eau froide, il devient très tenace et moins dur.

Pour obtenir les fils nécessaires aux essais, on s'est heurté à de grandes difficultés, et ce n'est qu'après plusieurs essais que MM. Hadfield ont réussi à l'étirer, et cela en utilisant sa propriété de devenir moins dur par la trempe; on le trempe alors entre chaque étirage, au lieu de recuire comme pour le fil ordinaire.

La composition des échantillons sur lesquels ont été faits les essais que nous allons mentionner était, du reste, un peu différente de celle indiquée en premier lieu.

Fer	Manganèse	Charbon	Silicon	Phosphore	Soufre	
84,96	13,75	0,85	0,25	0,10	0,09	o/o.

Nous résumons ci-après les principaux résultats obtenus :

La *densité* du fil est de 7,81, tandis qu'en barre elle est de 7,717.

La *dureté*, à l'état normal, est supérieure à celle de l'acier ordinaire.

Le *module d'élasticité* a été déterminé par tension directe ; on a obtenu pour le fil dur des chiffres compris entre 16 800 et 17 136 (rapporté au millimètre carré). L'acier doux (trempé) a un module un peu plus faible.

L'*effort de rupture* est naturellement assez variable comme pour tous les fers et aciers, on peut admettre 170 kilos par m.m². pour le fil dur; l'allongement serait voisin de 1 o/o, tandis qu'avec le fil trempé on peut allonger jusqu'à 20 o/o avant la rupture, mais la tension est moitié moindre.

Résistance électrique. — Relativement aux propriétés électriques et magnétiques, qui nous intéressent plus particulièrement, on sait [1] que M. Hopkinson a déjà donné des résultats relatifs à des aciers manganifères ; M. Barrett a obtenu pour la résistance spécifique, 0,000077 ohm ou 77000 unités C. G. S. par centimètre cube, elle ne varie pas avec la trempe.

Ce chiffre est relativement très élevé; la résistance spécifique du fer ordinaire est de 9827 C. G. S. et celle du fil de maillechort de 21,170.

Coefficients magnétiques. — D'après les expériences de M. Bottomley, le moment magnétique permanent serait seulement de 0,013 C. G. S. par gramme, et cela, en employant une force magnétisante bien supérieure à celle nécessaire à la saturation de l'acier ordinaire. Pour ce dernier on obtient de 60 à 100.

Pour déterminer le coefficient d'aimantation $\left(K = \frac{I}{H}\right)$, l'auteur a employé différentes méthodes ; il a fini par comparer simplement le magnétisme induit dans un fil d'acier manganifère à celui induit dans un corps de même forme en fer doux.

Les fils étaient suspendus par un fil de torsion dans un champ uniforme et on mesurait la torsion nécessaire pour produire une égale déviation.

En rapportant les nombres obtenus au même volume, on trouve pour le rapport des susceptibilités environ 0,003.

On pourra voir, en se rapportant aux résultats de M. Hopkinson, que ce dernier a obtenu pour ce rapport : 0,0038, pour un échantillon contenant 13,75 o/o de manganèse.

L'auteur a également étudié un certain nombre d'autres propriétés magnétiques; ainsi, comme il fallait s'y attendre, l'aimantation ne donnait lieu à aucun allongement; elle ne donnait également pas lieu au bruit qu'on entend quand le fer, l'acier, le nickel et le cobalt sont aimantés ou désaimantés. Une autre question, plus intéressante, était de savoir si cet acier présenterait l'allongement anormal qui a lieu dans les fils d'acier et de fer, quand ils se refroidissent jusqu'à une certaine température critique, après avoir été chauffés à blanc.

L'auteur a démontré que cette température critique coïncide avec celle pour laquelle les propriétés magnétiques réapparaissent. Des expériences faites avec du fil d'acier manganifère chauffé à blanc n'ont montré aucune trace de cette anomalie.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXIII, p. 321.

Lorsque les théories moléculaires du magnétisme et de la conductibilité électrique seront établies, elles devront tenir compte de ces curieuses propriétés des aciers maganifères, qui s'ajoutent à tout ce que l'on sait déjà sur les propriétés des alliages en général.

Au point de vue de la pratique, d'un autre côté, ces propriétés pourront être utilisées avec grand avantage à la construction de certaines parties des machines dynamos, bases et supports des paliers, et pour la construction des rhéostats pour l'éclairage électrique, etc..

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

La Société des ingénieurs et architectes de Saxe vient de délibérer dans une de ses séances, sur la question, déjà si souvent discutée, de la jonction des paratonnerres avec les conduites d'eau et de gaz.

On sait que depuis 1850, les accidents provenant de la foudre ont énormément augmenté, et c'est pour en réduire le nombre, qu'on a pensé à employer les tuyaux de conduite pour détourner la foudre.

Toutefois, les ingénieurs du gaz n'ayant pas été favorables au projet, cette disposition n'a été réalisée qu'en un très petit nombre de cas. A l'heure qu'il est, les autorités municipales de plusieurs villes allemandes ont repris la discussion du projet, qui a été chaudement recommandé par quelques physiciens distingués. D'après les expériences déjà faites, il paraît certain qu'on n'a à craindre ni une détérioration quelconque des conduites, ni que la foudre amène l'explosion du gaz dans les conduites.

Mais on a décidé de faire encore quelques recherches statistiques avant d'aller plus loin, et cela, en faisant une enquête à toutes les réunions des sociétés d'architectes, en Allemagne, sur les installations de ce genre et sur les résultats qui ont été obtenus.

Si les réponses se trouvent être satisfaisantes, et on croit pouvoir s'y attendre, la Société des ingénieurs et architectes passera à la discussion des thèses suivantes :

1° Le passage complet ou partiel des coups de foudre par les conduites de gaz et d'eau est inévitable ;

2° L'installation des conduites de gaz et d'eau rend le danger d'accidents par la foudre plus grand ;

3° Là où il y a de telles conduites, on ne peut se protéger contre la foudre qu'en y reliant les paratonnerres ;

4° Par une jonction des paratonnerres avec le réseau de tuyaux, les dangers existants sont amoindris, sans qu'il en naisse de nouveaux ;

5° Il est donc de la plus grande importance qu'on obtienne des autorités, la permission d'opérer cette jonction des paratonnerres avec les tuyaux de gaz et d'eau.

L'EMPLOI DES TRIEUSES MAGNÉTIQUES DANS LA FABRICATION DU PAPIER. — Les fabriques de papier et les imprimeries souffrent souvent des pertes considérables, par ce fait que le papier, quand on l'humecte, se couvre de petites tâches d'oxyde de

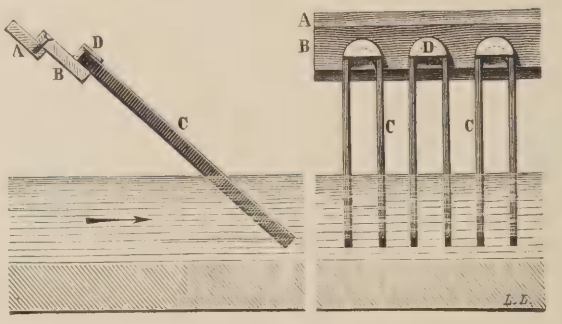


Fig. 1

fer. Ces tâches proviennent de particules de fer, qui pénètrent dans le papier, en se détachant des machines pendant la fabrication.

On sait que dans plusieurs cas, on se sert d'aimants pour débarrasser les substances à traiter des particules de fer qui peuvent s'y trouver. La « *Papier-Zeitung* » annonce qu'on commence maintenant à suivre cet exemple dans la fabrication du papier.

La figure 1 représente le dispositif employé. Les aimants sont disposés en forme de peigne; il y en a treize, qui sont fixés à l'aide de plaques de

laiton D, à la partie supérieure. Ces aimants sont vissés sur une pièce de caoutchouc durci B, qui repose sur le support en bois A.

Les aimants sont suspendus sur le passage de la pâte liquide de papier, de manière que la substance entière est forcée de passer au travers de leurs branches. Naturellement les aimants attirent les particules de fer, et le procédé est assez efficace pour que, en nettoyant les aimants toutes les vingt-quatre heures, on puisse en détacher une quantité considérable de fer.

Le dispositif a été déjà employé, et donne des résultats entièrement satisfaisants.

D. H. Michaelis

Angleterre

Le phare électrique de l'ile de May. — La question de l'éclairage électrique des phares ne peut pas être considérée comme absolument tranchée, au moins en Angleterre, où l'ancien système a conservé des partisans convaincus. Cependant on continue à opérer la transformation d'un certain nombre de feux, et c'est ce qui a eu lieu en décembre 1886 pour le phare de l'île de May, à l'embouchure du Firth of Forth.

Comme le nouveau feu serait, d'après l'ingénieur qui l'a établi, le plus puissant du monde, et qu'il présente aussi plusieurs dispositions nouvelles, les quelques détails qui suivent, et qui sont tirés d'une conférence faite à l'*Institut of Mechanical Engineers* par M. D. Stephenson, pourront présenter quelque intérêt.

En 1636, l'île de May était éclairée au moyen d'un feu de charbon à ciel ouvert. En 1816, la commission des phares du Nord remplaça ce feu par des lampes Argand munies de réflecteurs paraboliques argentés. En 1836, on adopta le système dioptrique avec un foyer fixe de premier ordre et un brûleur à quatre mèches; et enfin, depuis le mois de décembre 1886, la lumière électrique fonctionne avec un appareil dioptrique.

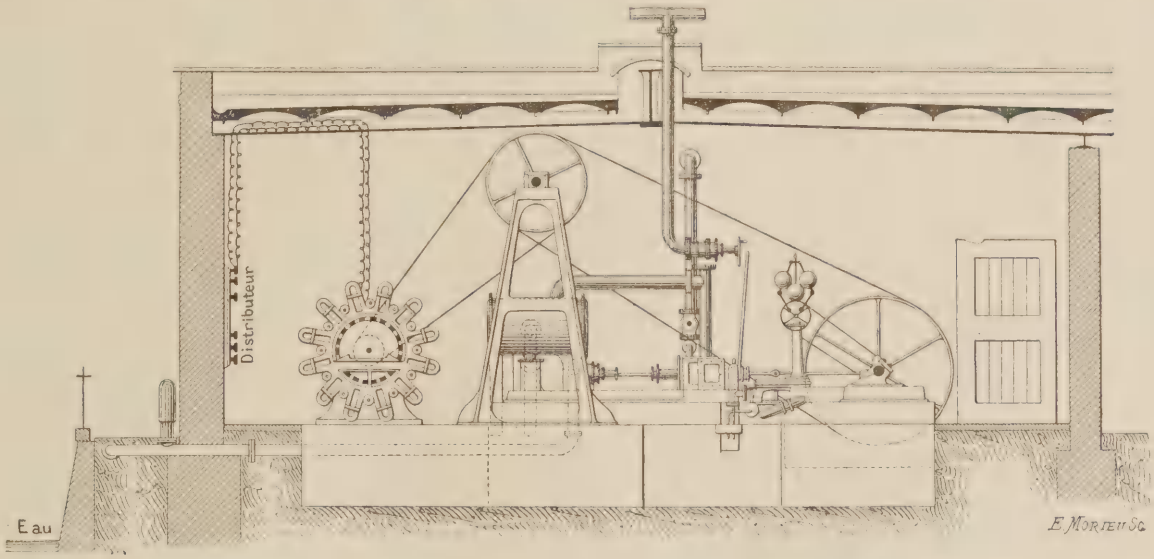


Fig. 1

Depuis quinze ans, la Commission des phares du Nord étudiait, d'après le conseil de ses ingénieurs, MM. Stevenson, le moyen d'établir un foyer électrique sur la côte d'Ecosse; mais le *Board of strade* ne put sanctionner cette dépense qu'en 1883 et proposa l'ile de May, dont le phare est le plus important de ces parages.

En ce qui concerne l'installation électrique, les ingénieurs, MM. Stevenson, avaient d'abord l'intention d'installer une dynamo Brush du type *Victoria* à double enroulement, à courant continu, et alimentant un seul foyer à arc, à régulation automatique, avec le charbon positif *en bas*. On avait choisi ce système, parce qu'il était meilleur marché et parce qu'il fournit beaucoup plus de lumière pour le même travail que les machines magnéto-électriques employées presque exclusivement jusqu'ici dans les phares.

On plaçait le charbon positif en bas, afin que la plus grande partie de la lumière fut projetée

en haut et recueillie par la partie supérieure de l'appareil optique.

La Cie Brush commença immédiatement la construction d'une lampe de ce genre, donnant avec un courant de 100 ampères et à 70 volts une intensité lumineuse horizontale de 30000 bougies.

Malheureusement la Cie ne réussit pas, malgré de nombreux essais, à produire une lampe fixe et appropriée à l'éclairage d'un phare et, comme les bâtiments étaient presque terminés et qu'il devenait nécessaire de se procurer immédiatement des appareils sûrs, il fallut avoir recours aux machines à courants alternatifs de M. de Meritens, plus coûteuses mais, qui sans être aussi puissantes, fonctionnent avec une très grande régularité et qui ont déjà donné d'excellents résultats, dans plusieurs phares ainsi que pendant les expériences au South Foreland.

Les générateurs adoptés se composent de deux machines magnéto-électriques à courants alternatifs de Meritens type L et pèsent environ 4 1/2 tonnes chacune. Les inducteurs comprennent cinq séries de 12 aimants permanents, composés chacun de 8 plaques d'acier. L'armature a 75 c.m. de diamètre et comprend cinq anneaux portant chacun 24 bobines disposées en groupes de 4 en tension et 6 en quantité ; elle fait 600 tours par minute.

En circuit ouvert, chaque machine donne une force électromotrice de 80 volts mesurés aux bornes. Elles développent une moyenne de 220 ampères, donnant ainsi une énergie électrique de 8800 watts ou 11,7 chevaux dans le circuit extérieur. Les cinq anneaux sont disposés de sorte qu'on peut à volonté envoyer 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 ou le courant entier d'une machine au tableau de distribution, pour être transmis à la lanterne ; on peut, en outre, coupler les deux machines en quantité.

Les moteurs sont deux machines à vapeur horizontales, ayant chacune deux cylindres de 22 c.m. de diamètre et d'une course de 45 c.m., et marchant à une vitesse de 140 tours par minute.

En cas d'accident ou de manque d'eau, ces machines ont été disposées de manière à pouvoir marcher avec ou sans condensation. Chaque moteur donne 18 chevaux à 2 atmosphères, et suffit pour actionner une dynamo, tandis que l'autre forme la réserve ; on peut aussi employer les deux machines à la fois pour actionner les deux dynamos en cas de brouillard.

L'admission de la vapeur dans les deux cylindres est réglée par une soupape équilibrée, sous le contrôle d'un régulateur à grande vitesse.

On a préféré des machines à simple détente, parce qu'elles sont moins compliquées, et d'une surveillance plus facile que les machines Compound.

Les résultats ont été fort satisfaisants et la construction des machines qui sortent des ateliers de MM. Ampherston, à Leith, est irréprochable.

Il y a deux chaudières, mais on ne se sert que

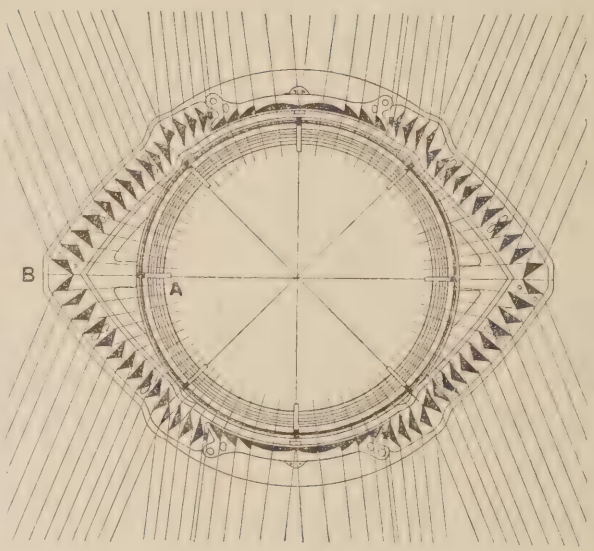


Fig 2

d'une à la fois. Elles ont 6 mètres de long et 1,70 mètre de diamètre ; le corps est en tôle d'acier de 10 millimètres.

Pour l'alimentation, on emploie surtout l'eau de pluie, recueillie sur les toits et dans les cours; on peut, au besoin, prendre l'eau d'un petit lac voisin. La consommation de charbon est de 50 kilogrammes par heure d'éclairage.

La figure 1 empruntée au journal *Industries* représente la chambre des machines.

Le courant est amené à la lanterne par des tiges en cuivre de 25 millimètres de diamètre, recouvertes d'une enveloppe double et imperméable; les tiges ont une longueur de 4,2 mètres et la longueur totale est de 260 mètres.

On s'attendait à une perte dans les conducteurs ne dépassant pas 16 o/o du travail total, mais en réalité elle est beaucoup plus grande et s'élève à 20 o/o au moins.

Les lampes, au nombre de trois, dont deux de

réserve, sont du type Serrin-Berjot, avec quelques modifications, notamment, l'introduction du shunt employé lors des expériences de South Foreland sur la proposition du Dr Hopkinson, et au moyen duquel une grande partie du courant va directement au charbon inférieur, tandis que les bobines ne sont traversées que par une quantité suffisante pour régler les charbons. C'est un grand perfectionnement qui empêche la lampe d'être endommagée par le dégagement de chaleur.

Le côté faible des lampes envoyées à l'île de May était que le contact entre le porte-charbon

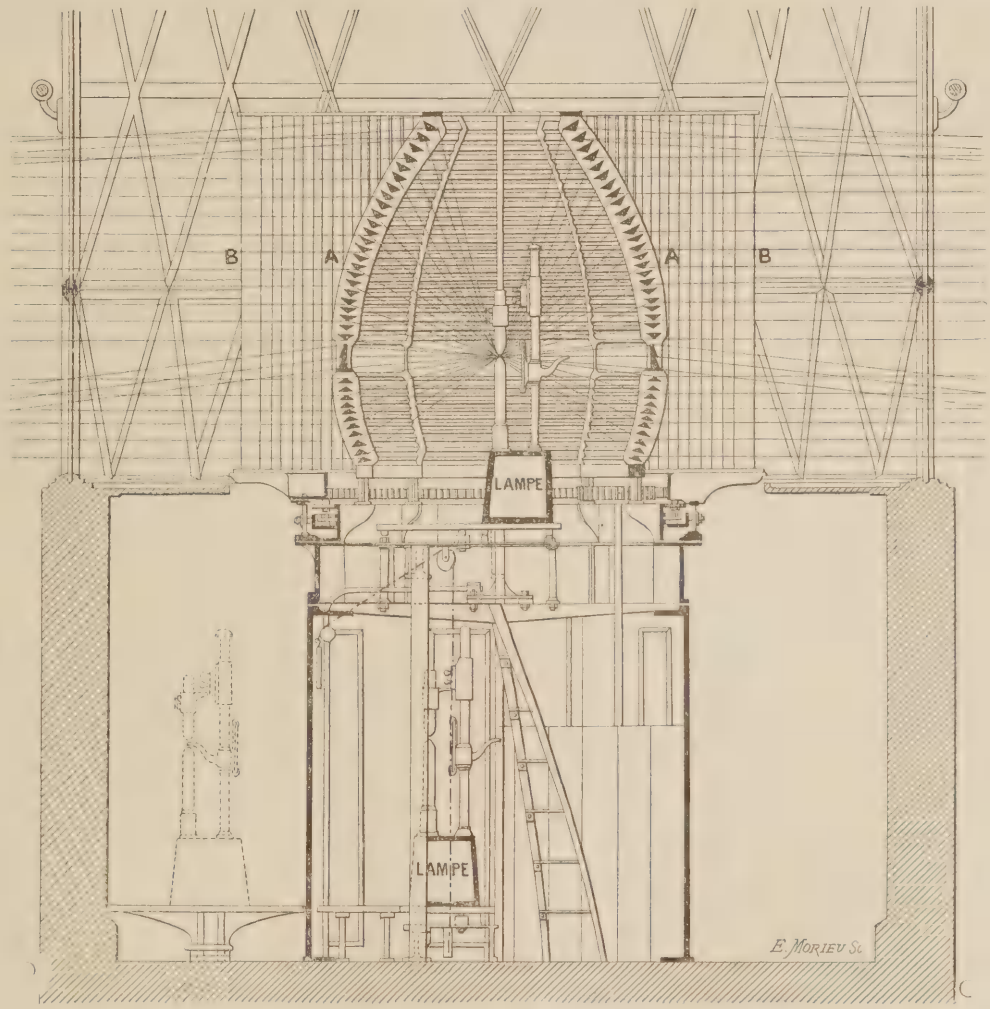


Fig. 2

et le shunt, étant nécessairement mobile, se faisait au moyen de balais en fil de cuivre, et ceux-ci s'usaient rapidement. Sur la proposition de M. Munro, l'ingénieur de la station, on a substitué un simple contact à mercure qui fonctionne très bien.

Les charbons ont 40 millimètres de diamètre, mais on peut employer des charbons de 50 millimètres avec les deux machines en marche. Ils sont fabriqués par la maison Siemens, avec un noyau doux en graphite pur, qui les fait brûler avec plus de régularité et d'uniformité, en les empêchant de former un cratère sur le côté. Les charbons de 40 millimètres se consument à raison de 30 millimètres par heure. La puissance de l'arc peut être estimée à 12000 ou 16000 bougies, avec une seule machine.

L'appareil optique qui a été fabriqué par MM. Chance de Birmingham, sur les indications de MM. Stevenson, est d'un nouveau modèle, et

le principe de la concentration de la lumière, en des faisceaux séparés, est porté plus loin que dans les autres appareils du même genre. Ce principe consiste à obscurcir certains secteurs, en en détournant la lumière qui est envoyée sur les autres secteurs, de manière à renforcer leur lumière. La puissance lumineuse de ceux-ci augmente donc, à mesure que les secteurs obscurs augmentent.

Le feu donne quatre éclairs se succédant rapidement, chaque demi-minute. Pour cela, l'appareil fixe de second ordre, A, (fig. 2) de 1,4 m. de diamètre, qui concentre lee rayons d'un même azimuth, est entouré d'une couronne de prismes verticaux mobiles B, disposés de manière à donner sur 180°, 4 faisceaux de trois degrés chacun, en sorte que la lumière est concentrée quinze fois.

Cette couronne fait un tour par minute, on a donc huit éclairs par minute ; (voir figures 2 et 3.)

L'appareil fixe offre cette particularité que la partie dioptrique n'occupe qu'une faible partie, 10° seulement. Ceci permet de faire varier l'inclinaison des rayons sur l'horizon par le brouillard, comme l'a proposé M. T. Stevenson. En temps clair, la plus grande partie des rayons sont envoyés à l'horizon, tandis que par le brouillard, on les envoie à environ 6 à 8 kilomètres.

On se propose de n'employer que des charbons de 25 millimètres par un temps très clair, tandis qu'on se servira des deux machines et de charbons de 50 millimètres par les temps couverts. Grâce à un dispositif ingénieux, on peut changer les lampes en huit secondes.

L'intensité des rayons lumineux de cet appareil avec une seule machine, correspond à celle que donnerait 3 millions de bougies, et 6 millions avec les deux, c'est-à-dire que ces rayons sont environ 300 et 600 fois plus puissants qu'avec l'ancien foyer fixe à huile.

Quoique la portée géométrique de ce phare ne soit que de 22 milles, sa lumière a été observée et reconnue par des navigateurs, à une distance de 40 et 50 milles, à cause des éclairs illuminant le ciel.

Entr'autres détails d'installations intéressants, nous pouvons ajouter que la chambre des machines est reliée par téléphone avec la lanterne, et les maisons des gardiens sont également reliées avec l'une et l'autre par des sonneries électriques et des sifflets pneumatiques.

Les nouveaux bâtiments, les moteurs, les machines électriques, les lampes, etc., ont coûté 396.000 fr. et les anciennes constructions qui ont pu être utilisées peuvent être évaluées à 185.000 fr. de sorte que l'installation reviendrait, en tout, à 561.000 fr. ; les frais d'entretien ne dépasseront pas 26.250 fr. par an.

En tenant compte de la grande puissance du foyer et de la position isolée du phare, ces chiffres n'ont rien d'exagéré.

On trouve que, tandis que l'éclairage à l'huile coûterait 4,50 fr., par heure, et 0,0017 fr. par bougie et par heure, l'éclairage électrique coûte 11, 68 fr. par heure, mais seulement 0,00038 franc par bougie et par heure.

Les navigateurs, ainsi que les personnes habitant en vue de l'île de May, ont souvent exprimé leur étonnement de ce que le feu de ce phare, qui par un temps clair, jette les rayons à une distance de 10 à 15 milles, soit tellement diminué par les temps de brouillard, et ils iraient jusqu'à croire que l'ancien système était préférable.

Ceci est, bien entendu, une illusion, car il a été prouvé par l'expérience directe que la lumière électrique est, par tous les temps, de beaucoup la lumière la plus pénétrante ; c'est, du reste, ce dont on a pu s'assurer dans le cas particulier, par la comparaison avec le feu voisin (22 milles) de Saint-Abbs Head.

Il est cependant exact que la supériorité de la lumière électrique, si évidente par les temps clairs, est de beaucoup réduite par un temps couvert et le brouillard. A cause de cela, et aussi en raison des frais considérables de première installation et d'entretien annuel, l'auteur croit que la conclusion à laquelle s'est arrêté le *Trinity House* est juste, et qu'il ne faut employer l'électricité que pour des phares de premier ordre, quoique, au point de vue de la puissance, et sans tenir compte des frais, la lumière électrique soit sans rivale.

J. Munro

États-Unis

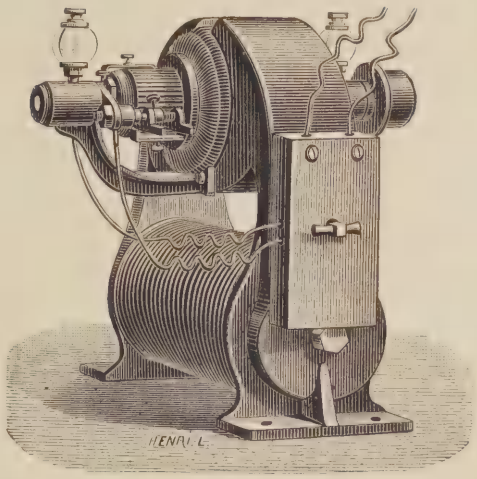
Le moteur électrique Cleveland. — La figure ci-jointe représente un moteur de 3 chevaux construit par la *Cleveland Motor C°*, de Cleveland (Ohio). Ce type de moteur est surtout remarquable par la disposition des inducteurs, qui ne sont excités que par une seule bobine placée sous la machine, tandis que l'armature est montée sur un support fixé entre les pièces polaires.

La bobine est enroulée sur un noyau en fer

doux au bois, tandis que les deux pièces polaires sont en fonte, avec des prolongations à la base, qui forment les pieds de la machine. Toutes les pièces dans les moteurs d'une même dimension sont exactement égales et peuvent être changées d'un moteur à un autre.

Les différents moteurs de la même puissance ont les mêmes carcasses, mais l'enroulement est naturellement différent pour chaque circuit.

Un moteur d'un cheval, par exemple, a cinq bobines différentes et cinq armatures, pour les intensités de 6 1/2 ou 9 1/2 ampères, ou pour des circuits de 110 volts. Chaque armature est exactement appropriée à la carcasse et l'on peut changer le moteur et le faire marcher sur l'un ou l'autre des circuits en 10 ou 15 minutes. Ces ar-



matures sont généralement de type ordinaire de Gramme, bien qu'on en fasse aussi du type Siemens.

Les machines à potentiel constant étant enroulées en dérivation sont automatiques et se règlent par conséquent d'elles-mêmes.

La mise en marche et l'arrêt se font facilement, on n'a qu'à enrouler et à proportionner les champs, de sorte qu'à la mise en marche le premier mouvement du commutateur transforme le moteur en une machine à double enroulement, tandis que le mouvement final en fait une machine simplement en dérivation. Pour arrêter le moteur, on n'a qu'à ramener le commutateur à sa première position. Cette méthode simple et pratique évite l'emploi des rhéostats.

Les moteurs pour les circuits d'éclairage à arc sont généralement enroulés en série et réglés soit par un commutateur à main, soit par un régulateur, selon les cas.

Nous pouvons ajouter aussi que la Compagnie a déjà installé un grand nombre de ces moteurs, qui sont aujourd'hui essayés sur plusieurs lignes de tramways électriques.

Un nouveau système de distribution Edison. — Il est aujourd'hui généralement reconnu que la distribution électrique prendrait un grand développement, si l'on pouvait se servir des courants à haute tension pour l'éclairage électrique; il y aurait ainsi une grande économie du cuivre des conducteurs; mais il est également admis qu'il ne faut pas songer à faire pénétrer dans les habitations de conducteurs à hauts potentiels.

Les efforts tentés pour arriver à ce but ont donné naissance, dans ces derniers temps, à un grand nombre de systèmes, dont la plupart sont basés sur l'emploi des courants alternatifs et sur les transformateurs.

M. Edison a dernièrement imaginé un système pour arriver au même résultat avec les courants continus, et dans ce but, il emploie un circuit à haute tension, qu'on peut considérer dans une certaine mesure comme un système en séries multiples, en grand, et avec des dispositions spéciales pour maintenir le potentiel constant dans chaque branche multiple.

Pour réaliser son idée, M. Edison se sert d'une source d'électricité à haute tension divisée, en employant une ou plusieurs dynamos reliées en série.

Un circuit continu s'étend alors de la station centrale aux différentes stations secondaires, d'où partent des circuits d'alimentation dans les différents quartiers qu'il s'agit d'éclairer.

Toutes ces stations secondaires sont reliées en série et, entre chaque station, partent des fils de compensation, reliés avec les points de division de la source d'énergie, soit entre les dynamos.

Chaque station secondaire est pourvue d'indicateurs et de régulateurs qui indiquent et règlent le potentiel électrique de chaque circuit; chaque station secondaire est reliée à la station centrale par un circuit spécial pourvu d'indicateurs et servant à régler les génératrices, selon les besoin du quartier alimenté par la station secondaire.

La figure 1 représente un système dans lequel les quartiers sont disposés d'après le système à 3 fils.

La figure 2 représente le même système, mais chaque quartier est disposé d'après le système à 2 fils.

Sur la figure 1, A, A^1, A^2 et A^3 représentent des dynamos reliées en série, installées à la station centrale et au besoin à une distance considérable de l'endroit où le courant est utilisé, puisque le courant produit par la série des machines est à haute tension et peut être envoyé économiquement par des conducteurs de faible section.

Chaque générateur peut être réglé séparément au moyen des résistances B B placées dans le circuit d'excitation de chaque machine.

Un circuit 1 2 3 part des bornes de la série de machines jusqu'en D et D^1 qui représentent les stations secondaires.

Les rectangles en pointillé représentent les locaux où aboutissent les conducteurs et où se trouvent les indicateurs et régulateurs de tension.

Dans la station D, le conducteur n° 1 aboutit à une borne P, tandis que le conducteur n° 2 va de l'autre borne N à la prochaine station secondaire ; il y a encore une troisième borne C et des trois bornes N C P partent des conducteurs qui vont à des voltmètres à la station centrale, et permettent de s'assurer si la différence de potentiel se partage entre les deux séries de lampes *a a*.

Deux circuits d'alimentation *p n c* partent des bornes de la station secondaire, et ces fils sont tous reliés respectivement avec les conducteurs positifs, négatifs et de compensation *p' n' c* auxquels les lampes *a a* sont reliées en série multiple d'après le système à 3 fils.

Chaque conducteur d'alimentation *p n* est pourvu d'une résistance réglable *b* au moyen de laquelle les deux côtés du système secondaire sont réglés de manière à maintenir la même pression constante sur tous les points des circuits d'éclairage et à ainsi compenser toute inégalité de distribution provenant d'un changement dans le nombre des lampes.

Ce réglage est effectué d'après les indications des appareils *d d*, reliés aux conducteurs *aa* par des fils indicateurs $p^2 n^2 c^2$, dont l'un va depuis l'une des bornes de chaque circuit d'alimentation jusqu'à la station secondaire. Ces circuits montrent continuellement la différence de potentiel des circuits *a a*, aux points où les fils d'alimentation sont reliés.

La station D^1 est disposée et équipée de la même manière. Le conducteur n° 2 va à la borne P' et le conducteur n° 3 à la borne N, tandis que les fils d'alimentation partent des bornes P' N' C' alimentant les lampes *a' a'*. Ils sont pourvus des mêmes appareils indicateurs et régulateurs que dans l'autre station.

On voit que le conducteur n° 2 relie ensemble en série les deux quartiers alimentés par les deux

Fig. 1 et 2

stations secondaires de même qu'il les relie aux générateurs de la station principale.

Un conducteur T part d'un point quelconque du conducteur n° 2 entre les stations secondaires et aboutit au milieu de la série des générateurs; ce conducteur de compensation T est représenté partant de la borne P′ de la station D′.

Un conducteur T′ part de la borne C de la station D et va jusqu'à un point entre les générateurs A^2 et A^3, c'est-à-dire au milieu de l'une des divisons de la source d'énergie. Un fil analogue T^2 part de C′ dans la station D′ et communique avec un point entre les dynamos A et A′ et la source se trouve ainsi divisée en quatre parties. Les deux quartiers forment donc un système de compensation ou à 3 fils ayant une source divisée et un conducteur de compensation, tandis que chaque quartier représente en lui-même un système à 3 fils avec une source divisée et un conducteur de compensation.

Les lampes des deux quartiers sont reliées ensemble en série multiple, c'est-à-dire que deux lampes *a′ a* en séries dans le quartier D sont égas lement en série avec deux autres lampes *a′ a′* dan- le quartier D′. Il y a donc 4 lampes en série et l'on peut employer des courants de haute tension et des conducteurs de faibles dimensions. En même temps toutes les lampes sont indépendantes.

Quand le nombre des lampes devient inégal des deux côtés d'un système secondaire, un courant passe dans l'un ou l'autre sens sur les conducteurs *c* et T′ ou T^2 pour maintenir l'équilibre et, si le nombre des lampes dans un système diffère de celui dans l'autre, l'équilibre est conservé d'une façon analogue par le fil de compensation T.

Ainsi qu'il a été dit, les résistances réglables dans les stations secondaires, servent à maintenir une pression constante à toutes les bornes d'alimentation, et compensent ainsi une distribution inégale ou des changements dans le nombre des lampes en circuit dans différentes parties du quartier.

Il est évident qu'il peut y avoir un nombre quelconque de stations secondaires et de quartiers alimentés, à condition d'augmenter le nombre des générateurs de manière à en avoir un ou plusieurs pour chaque côté du système secondaire et de placer des conducteurs entre ces stations et les points de division de la source correspondant à chaque quartier, et entre les bornes au milieu de chaque station et les points de subdivision de la source.

Il n'est pas nécessaire de placer tous les générateurs qui constituent la source dans le même bâtiment ou au même endroit; on peut les installer à deux ou plusieurs points, mais il faut cependant toujours les relier en série par des conducteurs entre ces différents points.

Sur la figure 2, chaque quartier est disposé comme un système dérivé ordinaire à 2 fils, bien que le système général soit à compensation. Chacune des 3 stations D^1 D^2 D^3 est alimentée de courant à haute tension par une série de 3 générateurs A, A^1 et A^2; les stations sont reliées en série par les conducteurs 2 et 2^a.

Dans ce système on réalise une économie non-seulement dans les conducteurs, mais aussi sur d'autres chapitres, par exemple, dans la location ou l'achat de terrains pour les stations, car la station principale peut être placée à distance du quartier populeux à éclairer et à un endroit où le terrain est bon marché, tandis qu'un petit emplacement suffit pour les stations secondaires, où on n'a pas besoin d'avoir autre chose que les indicateurs et les résistances réglables. Un seul employé suffit pour chacune de ces stations.

Uu curieux moteur magnétique. — MM. Fay et Pullman ont exposé à Hartford un mécanisme très curieux. L'appareil se compose d'un aimant et d'une roue en fer, dont le bord est pourvu de 18 projections. Sur l'arbre de celle-ci se trouve une roue à palettes qui plonge constamment dans un réservoir d'eau et sert à égaliser le mouvement.

L'arbre porte également une roue à 9 dents qui, à l'aide d'un levier, communique un mouvement oscillatoire à une plaque métallique recouverte d'une certaine composition, et qui vient s'intercaler entre les pôles de l'aimant et les dents de la roue.

L'aimant est tangent à la roue, et naturellement pourrait donner lieu, par son attraction sur une dent, à un certain mouvement, mais non continu.

Or, en fait, la roue tourne continuellement, et, d'après l'inventeur, ce serait la plaque métallique qui, en venant s'interposer, couperait le passage aux lignes de force, supprimerait l'attraction, et

permettrait à la roue de continuer son mouvement, jusqu'à ce qu'une nouvelle dent soit attirée.

Il est seulement fâcheux pour cette explication, qu'on ne connaisse pas encore de corps *amagnetiques* qui empêchent les phénomènes d'induction magnétique.

Si réellement ce moteur marche comme c'est indiqué, il faut croire qu'on a plutôt une dérivation des lignes de forces, au moment voulu, qu'une suppression.

L'idée d'une supercherie viendrait assez facilement à l'esprit, mais notre correspondant assure qu'un examen très sévère n'a révélé aucune pile cachée ou mouvement d'horlogerie, pouvant produire la rotation de la roue.

J. Wetzler

BIBLIOGRAPHIE

Die construction der magnet und dynamo-eletrischen Maschinen, von *Gustav Glaser de Cew*. — 5me Édition, revue et augmentée par le *Dr F. Auerbach*.

Die Wirkungsgesetze der dynamo-electrischen Maschinen, par le *Dr F. Auerbach*. — Hartleben et Cie, Vienne-Leipsig.

Les deux livres parus dernièrement chez A. Hartleben, font partie de la bibliothèque électrotechnique, bien connue, publiée par cette maison depuis l'année 1881.

Le premier de ces volumes forme la 5e édition du volume I de la bibliothèque, tandis que le second est le volume XXXVIII de cette même collection.

Nous sommes assez embarrassé pour rendre compte du contenu de ces livres; ils nous font un peu l'effet d'être venus « trop tard dans un monde trop vieux ».

En effet, prenons le premier de ces livres, qui traite soi-disant de la construction des machines magnéto et dynamo-électriques; son arrangement fort bon en 1881, semble suranné en 1887, et il a été conservé. Mais pendant ce temps les dynamos se sont perfectionnées leur construction est maintenant soumise à des règles aussi fixes que celles des machines à vapeur.

Le public qui, en 1881, année de vogue, dévorait les livres de ce genre, était surtout composé de profanes, désirant aussi rapidement que possible se rendre compte de ce qu'est une machine dynamo électrique, et comment elle fonctionne; aussi les livres de ce temps sont-ils, surtout, descriptifs, commençant par les éléments et se terminant par la description des types les plus connus. Depuis, le public a changé, ou plutôt s'est scindé en deux parties; d'un côté les ingénieurs ayant construit des machines, et désirant avoir dans un livre des règles précises pour la construction et le calcul des machines, et des indications pratiques sur le fonctionnement des différents systèmes; et de l'autre, les gens du monde et les étudiants, pour lesquels un livre descriptif commençant par les éléments, ferait mieux l'affaire; c'est à ce genre qu'appartient le livre du docteur Glaser de Cew.

Il commence par les éléments et un développement historique, depuis les petites machines magnéto-électriques de Pixii, Siemens et autres et continue par la description de l'anneau Pacinotti-Gramme, et de son fonctionnement; le chapitre suivant traite de quelques types de machines à courants alternatifs Gramme, Siemens, Ferranti, Thomson, Gordon, Gérard, etc.

La description des machines à courant continu à anneau suit, accompagnée d'illustrations se rapportant aux différents types de ce genre (Gramme, Gulcher, Bürgin, etc.); ensuite vient l'enroulement à tambour et la description des principaux types de la maison Siemens, de Weston, d'Edison, etc., et ce chapitre se termine enfin, par les machines Brush et Thomson-Houston et leurs enroulements, ainsi que par une petite note sur les machines unipolaires.

Les derniers chapitres s'occupent enfin des détails de construction, des appareils accessoires et des applications des machines dynamo-électriques, etc.

Tout ce qui se rapporte aux essais sur les machines, dont les résultats sont donnés par des tables assez nombreuses, est déjà bien vieux, se rapportant généralement à des essais exécutés avant 1881, alors que la construction des machines était dans l'enfance, et le livre tel quel aurait certainement gagné à la suppression de

ce chapitre, car toutes ces données : rendement, prix d'achat, etc., ont totalement changé depuis lors.

Le livre se termine enfin par un appendice sur la construction des électro-aimants, d'après le comte du Moncel.

Die Wirkungsgesetze der dynamo electrischen Maschinen (Lois du fonctionnement des machines dynamo-électriques) par le Dr F. Auerbach.

Ce livre que nous pourrions qualifier de plus moderne, présente certainement une valeur supérieure au précédent, et peut être utile à consulter.

Après avoir décrit rapidement le fonctionnement des batteries de piles et indiqué les différents modes de groupement des éléments d'une batterie, l'auteur considère le mouvement d'un conducteur et spécialement d'un circuit fermé dans le champ magnétique, et étudie suivant la méthode de S. Thompson, les forces électromotrices induites dans une spire de l'anneau Gramme, lors de la rotation de celui-ci dans les champs de différentes formes.

Après un petit chapitre sur les machines magnéto-électriques, nous arrivons à celui qui devrait former la base de la théorie des machines dynamo-électriques ; c'est le chapitre traitant des « lois des aimants et des électro-aimants » ; le désenchantement a été grand : après avoir dit quelques mots des aimants permanents, l'auteur passe aux différentes formules de Jacobi, Müller, Frœhlich, Lamont, etc., exprimant le moment magnétique d'un barreau en fonction de l'excitation (courant multiplié par le nombre de spires sur les électro-aimants).

Des nouvelles recherches de Ewing, Hopkinson et Kapp, pas un mot ; pas un mot de la conception du circuit magnétique, qui seule, a permis de se rendre un compte réel du fonctionnement de la dynamo et des dimensions relatives à donner aux différentes parties du circuit magnétique.

Il y a une remarque générale à faire pour ce livre : on voit que l'auteur est un homme de science, mais non pas un ingénieur ; ainsi toutes les parties concernant le fonctionnement de la machine une fois construite, sont très développées, appuyées d'observations sérieuses exécutées en partie par l'auteur; tandis qu'une lacune à peu près complète, existe au sujet des dimensions relatives à donner aux différentes pièces, et de la manière de les calculer.

Après cette légère digression, nous pouvons continuer à parcourir le livre de M. F. Auerbach.

En établissant avec de nombreuses tables d'expériences à l'appui, la courbe du magnétisme, l'auteur remarque que les irrégularités des courbes expérimentales qui dépassent de beaucoup les erreurs de mesures, pourraient provenir de ce que la supposition qui leur sert de base que le magnétisme ne dépend que du rapport de la résistance à la vitesse n'est pas juste, mais d'après lui, le magnétisme dépendrait aussi des valeurs numériques de n et de R, et non-seulement de leur rapport ; c'est possible, mais ces irrégularités peuvent aussi, en grande partie, provenir du phénomène appelé hystérésis par le professeur Ewing, et dont M. Auerbach ne dit pas un mot.

Un chapitre est consacré à l'exposé des différentes théories de Clausius, Frœhlich, Meyer et Auerbach, Stern, etc., et ce n'est que dans ce chapitre que nous trouvons mentionnées quelques théories anglaises, mais tout à fait en passant.

Enfin, le reste du livre est rempli par l'application de ces théories aux différents cas particuliers du fonctionnement des dynamos, en série, dérivation ou compound.

L'auteur développe ou cite les formules de Frœhlich, S. Thompson et autres, pour obtenir les enroulements soit à potentiel constant, soit à courant constant.

Quelques formules relatives à l'emploi des dynamos comme moteurs terminent le livre.

W.-C. Rechniewski

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

181469. — PERCIVAL EVERITT (10 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES DISPOSITIFS DE FERMETURE DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES.

Appareil inspiré par le succès des balances automatiques, mais incontestablement moins utile. Ce que M. Percival Everitt, en effet, appelle perfectionnement dans la fermeture des circuits électriques, consiste en une caisse en bois, présentant comme la balance une plate-forme pour monter dessus, un cadran avec une aiguille une ouverture appelant les pièces de deux sous, et deux poignées de cuivre.

Cette boîte renferme à l'intérieur :

1° Une petite dynamo, dont les bornes communiquent avec les poignées ;

2° Un mouvement mécanique pouvant faire tourner celle-ci ;

3° Un système de leviers tels que : 1° l'introduction de la pièce de 10 centimes puisse décharger un frein du mouvement ; 2° la traction à soi de la poignée fixe fasse la même opération pour un deuxième frein ; 3° le poids de la victime suffise à faire tourner mouvement et dynamo.

Quant à l'aiguille indicatrice, elle n'indique pas grand chose. Ses déviations étant fonction de la vitesse de rotation du mouvement, on pourrait l'utiliser pour mesurer le poids de la personne montée sur la plateforme. Au repos, un contre-poids remonté pendant l'opération ramène le tout en état pour sa descente, et pour 10 centimes, M. Percival Everitt peut donner une courte jouissance au public amateur, des picotements désagréables que procure le passage à travers le corps d'un faible courant électrique.

181581. — JARRIANT (16 février 1887). — NOUVEAU SYSTÈME DE COMMUTATEUR AUTOMATIQUE

Le présent brevet de M. Jarriant rentre dans la catégorie de ceux qui ne sont, à proprement parler, que des indications à cause du nombre considérable de dispositions qui peuvent être employées dans le même but.

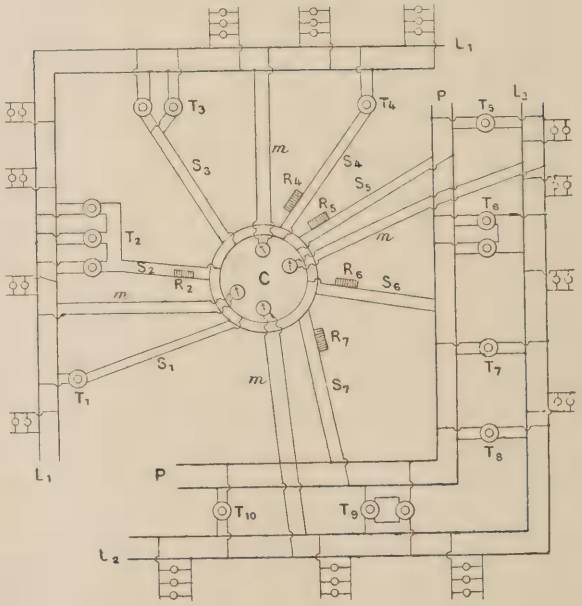
Ce but, dans le cas actuel, est de rendre pratiques les piles dont la polarisation est très rapide. A cet effet, l'inventeur propose un commutateur automatique, mettant successivement en service une série d'éléments, à mesure que la polarisation est atteinte dans chacun d'eux.

Le commutateur qu'il indique est un commutateur à cadran, au frotteur duquel sont réunis les pôles du même nom de tous les groupes, et les autres pôles successivement aux diverses touches.

Un mouvement d'horlogerie calculé d'après le temps que peut fonctionner convenablement chaque groupe actionne ce commutateur, dont la valeur pratique réside intégralement dans le choix judicieux des détails de construction.

181585. — BLATHY (16 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS LA DISTRIBUTION DES COURANTS ALTERNATIFS.

Le système de distribution de M. Blathy, s'étale tout entier dans le schéma ci-contre, où sont représentés les organes principaux avec toutes les variations qu'on peut opérer dans le montage. Les transformateurs changeant le courant de haute tension en courant de quantité,



peuvent recevoir directement le courant de l'usine centrale, ou être alimentés par une ligne primaire, alors que les lampes sont placées sur les dérivations d'une ligne secondaire.

L'avantage de pareilles dispositions est la facilité des branchements des fils des lampes, jointe à une économie de conducteurs relativement au grands nombre des points de consommation.

C représente l'usine centrale, envoyant par les lignes S_1

S_2 S_3 S_4 des courants de hautes tensions aux transformateurs ou groupes de transformateurs T_1 T_2 T_3 T_4, qui alimentent de courants de quantité les conducteurs L_1 L_1 sur lesquels sont branchées les dérivations des lampes. Voilà pour le premier dispositif.

Dans le second, occupant la partie droite de la figure, les transformateur $T_5T_6T_7T_8T_9T_{10}$ au lieu d'être reliés directement à l'usine, sont montés en dérivation sur les conducteurs P, P alimentés par les lignes spéciales $S_5S_6S_7$. La lignes L_2 L_2 donnant le courant aux lampes est en connexion avec les transformateurs, comme le montre la figure.

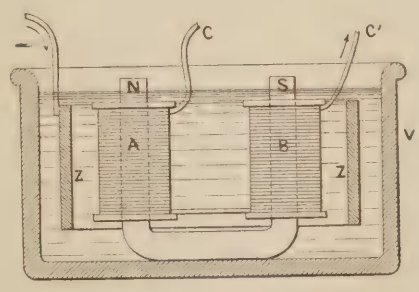
R_1 R_1 ... R_6 R_7 représentent des jeux de résistance, et les lignes *m m m* convenablement disposées, permettent aux galvanomètres du centre d'indiquer le régime dans toutes les parties de l'installation.

Le choix d'un des deux systèmes dépend absolument des cas spéciaux de la pratique ; mais il est évident que le second est préférable, lorsque les points de consommation sont rapprochés les uns des autres, relativement à la distance qui les sépare de l'usine centrale.

181593. — BONNEFIS (18 février 1887). — NOUVEAU SYSTÈME DE PILE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE.

Si vous ne savez pas ce qu'est une pile magnéto-électrique, nous vous dirons que c'est une pile qui permet de *transformer et d'utiliser directement les effets électriques, produits dans les couples voltaïques primaires et secondaires.*

Ce résultat est obtenu par M. Bonnefis, en enroulant



les électrodes voltaïques autour des noyaux de fer doux, de manière à utiliser, pour l'aimantation, le courant intérieur de la pile même.

La figure ci-jointe vous exprimera mieux la chose. V est un vase quelconque, renfermant un liquide excitateur également quelconque. Z est une feuille de zinc, ou de tout autre métal, disposée en forme de cylindre, et entourant presque un électro-aimant NS en fer à cheval, dont les bobines A et B sont faites de fil de cuivre isolé avec du coton, pour que le liquide puisse pénétrer jusqu'au métal, et que les spires soient isolées électriquement les unes des autres.

Cela étant, on devine aisément que, lorsque le circuit sera fermé, le fer doux sera aimanté, et cela plus ou moins, car il n'est pas évident que le coton enveloppant les fils soit un isolant, alors qu'il est imbibé par un liquide acide. Mais cela, M. Bonnefis l'affirme et, avec lui, si vous le voulez, nous l'admettrons comme chose démontrée.

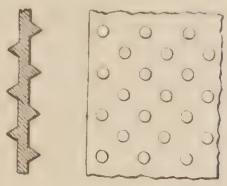
Reste l'utilisation de cette aimantation. A ce sujet l'auteur s'embarrasse un peu, et il fait remarquer que, si l'on remplace le cuivre des électros par des solénoïdes de plomb, on aura alors une pile magnéto-électrique qui pourra utiliser les courants secondaires primitivement formés par cette *pile-accumulateur*. Ou bien encore, si on laisse toute chose en état, mais en faisant un double enroulement sur l'électro-aimant, on pourra obtenir des courants d'induction utilisables, si l'on ajoute à la pile un dispositif quelconque ouvrant et termant le circuit.

Cette fois, c'est bien l'utilisation de l'aimantation ; mais, je ne sais pas si vous êtes de notre avis, il semble encore préférable de sortir l'électro de son bain, et le mettre à l'extérieur, comme on le fait pour les sonnettes, quitte à ôter à la pile son nom de magnéto.

181606. — BARBIER (21 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX ACCUMULATEURS D'ÉLECTRICITÉ

C'est effroyable combien ce titre revient souvent dans la revue des brevets d'électricité. Franchement, si les accumulateurs ne deviennent pas excellents, ce ne sera pourtant pas faute des *perfectionnements* qu'on leur aura apportés.

Il est vrai de dire que c'est un peu toujours la même



chose, et ce sont les plaques de plomb que les inventeurs torturent à plaisir, profitant de la souplesse de ce métal.

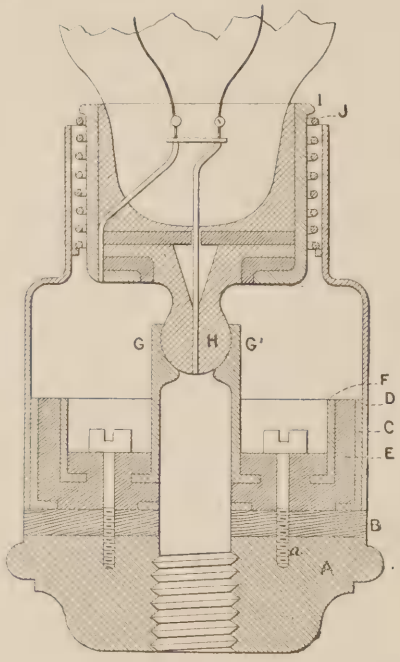
M. Barbier, aujourd'hui, présente des plaques garnies sur toute leur surface de pointes tronconiques, disposées en quinquonce, comme le montrent les deux vues de la figure ci-jointe. Le but, n'est-ce pas ? vous le devinez : multiplication des points de contact du plomb avec la matière active.

Quant aux moyens du préparer de pareilles plaques, il

y en a plusieurs ; mais celui que préfère l'inventeur, consiste à faire saillir les pointes à froid par la pression entre deux matrices, dont l'une est percée de trous de forme identique à celles des pointes qu'on veut obtenir.

181614. — FRANÇOIS (17 février 1887). — SUPPORT ROTATIF POUR LAMPES A INCANDESCENCE.

M. François considérant que les supports de lampes à incandescence actuelles ont le défaut, quels qu'ils soient, d'être rigides, et par conséquent d'entraîner la rupture de lampes, par suite des vibrations et des chocs qu'elles peuvent éprouver dans les installations industrielles, a



cherché à remédier à cet inconvénient, par le dispositif que représente en coupe la figure ci-contre.

Dans celle-ci A est un culot de cuivre fileté, et pouvant ainsi être vissé à la base du support. Une rondelle isolante B serrée contre A supporte la pièce C, ainsi que la tranche de la douille-enveloppe D qui conduit le courant à l'un des pôles. Cette pièce C qui est, comme on le voit, en contact avec la douille D présente une oreille pour permettre la fixation du conducteur amenant le courant. Le deuxième conducteur est fixé par une vis de la même manière à la pièce F, qui est isolée par la douille isolante E, et cette pièce F porte à sa partie supérieure la pince GG', dans les griffes de laquelle vient s'engager la sphère H en contact avec un des pôles de la lampe.

Quant au culot qui reçoit directement la lampe, il est formé par deux pièces de cuivre isolées entre elles par de la fibre ou de l'ébonité. L'une de ces pièces est la douille I, et l'autre une sorte de bouchon terminé par la sphère H. Dans ces conditions on comprend que, pour allumer la lampe, il suffit à la main de l'enfoncer dans les griffes GG', car alors le courant est fermé entre les pièces F et E par G', la sphère H, le filament de charbon et la douille D; au contraire lorsque la lampe est éteinte, elle s'appuie sur le ressort J, et dans les deux cas, le tout a assez d'élasticité pour que l'ampoule comme le charbon soient à l'abri des vibrations de toute nature.

Le support François est solide, bon marché, assure des contacts excellents ou, du moins, c'est M. François lui-même qui l'assure.

181622.— SOCIÉTÉ HAEFFNER ET LANGHANS (17 février 1887). — NOUVEL ACCUMULATEUR ÉLECTRIQUE

Jusqu'à ce jour, les électriciens ayant eu le tort d'employer dans leurs accumulateurs une dissolution d'un sel à base métallique qui, sous l'influence d'un courant électrique, rendait à l'anode le péroxyde du métal y contenu et à la cathode le métal lui-même, la Société prussienne, dont le nom est plus haut, revendique la propriété d'un nouvel accumulateur, dans lequel le liquide électrolytique est formé par la dissolution d'un ou de plusieurs sels à base métallique, qui dégagent sur l'anode de l'oxygène seul, le métal pouvant s'amalgamer au fur et à mesure de sa formation.

Dans cette intéressante pile secondaire, les anodes sont formées par des disques de charbon obtenus par un mélange de charbon et de péroxyde de plomb. Ces disques, empilés les uns sur les autres, ne se touchent que par leurs bords, et à l'intérieur se trouve une écuelle contenant du mercure.

Dans leur modestie, les inventeurs ont la gentillesse de ne pas indiquer les avantages qu'ils comptent obtenir avec cette disposition particulière.

181636. — DUCRETET (18 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS AUX TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES A SIGNAUX GENRE MORSE.

Le perfectionnement imaginé par M. Ducretet a pour but de faciliter la lecture, en indiquant un nouveau moyen de tracer les signes.

Au lieu de faire usage du papier bleu découpé en bandes minces, il propose l'emploi du papier dit *papier couché* qu'on trouve dans le commerce et qui est recouvert d'une couche de blanc de baryte. Les papiers au blanc de plomb ou de zinc, qu'on trouve aussi partout, peuvent également servir, mais le blanc de baryte est préférable.

Sur ce papier, coupé en bandes sans fin assez larges, le jet d'une tige métallique en cuivre ou en laiton laisse une trace très nette et, par suite, très lisible.

A la rigueur, la substitution de ce papier au papier ordinaire peut être faite, sans qu'il soit nécessaire de changer, ou le style des appareils à gaufrage ou la molette des appareils à encre. Dans les deux cas, les caractères sont

très nets et, pour la télégraphie militaire, l'usage du procédé Ducretet aurait surtout de grands avantages, car les signaux du papier gaufré sont, la plupart du temps, illisibles et l'emploi de l'encre est toujours gênant.

Addition (24 février 1887)

Six jours après avoir pris le brevet présent, M. Ducretet, craignant sans doute de ne pas être assez couvert, voulut définir plus exactement le caractère de son invention par une addition le mettant à l'abri des contrefaçons.

Dans cette addition, il revendique comme étant sa propriété l'impression des signaux Morse de la façon indiquée plus haut, cette impression constituant une application nouvelle des propriétés connues du papier sur lequel se trouve un enduit quelconque donnant le résultat indiqué.

Enfin, le papier peut être couché sur sa surface ou l'enduit incorporé à la pâte elle-même.

181.722. — SOCIÉTÉ ANNONYME POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX. (17 février 1887.) — MASQUE PROTECTEUR CONTRE L'ARC VOLTAIQUE ET SES EFFETS PLUS SPÉCIALEMENT APPLICABLE AU TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX.

Si pour manier l'arc voltaïque et le régler, quand il s'agit de lumière électrique, un simple lorgnon bleu très épais suffit pour protéger les yeux, au contraire, dans le cas de la soudure et de la rivure électriques telles que nous les avons indiquées précédemment, l'ouvrier a besoin d'une protection plus efficace pour ses yeux et son visage.

Pour laisser le mouvement des mains libre, un appareil s'adaptant à la tête s'impose naturellement. En effet, la société pour le travail électrique des métaux construit une sorte de coiffure spéciale répondant au but que nous venons d'indiquer.

Cette coiffure n'est, en réalité, qu'un masque en toile métallique, identique au masque d'escrime ordinaire, protégeant toute la tête. Seulement, dans la partie qui se trouve devant les yeux, le treillis est remplacé par un cadre dans lequel on peut glisser un ou plusieurs verres de couleur, et comme, en outre, dans certains travaux, l'ouvrier a besoin d'avoir un champ assez étendu, ce cadre est rejeté sur les faces latérales, de manière à former une bande de verre bleu de 10 centimètres à la hauteur des yeux.

(*A suivre*) P. CLEMENCEAU

FAITS DIVERS

M. H de Rufz de Lavison, vient d'appliquer la fibre vulcanisée avec beaucoup de succès, aux cloisons poreuses des piles de tous systèmes.

M. de Lavison a remarqué que la fibre vulcanisée de l'espèce flexible plongée pendant quelque temps dans un liquide, se gonfle et devient poreuse, et c'est cette propriété qui a amené l'auteur à en faire l'application en question qui a pleinement réussi.

Les vases poreux en fibre vulcanisée sont très légers, incassables et n'occupent que très peu de place, ils sont d'une fabrication facile, et ne présentent qu'une très faible résistance électrique.

Il résulte d'une expérience faite à l'école de physique de la ville de Paris, que, lorsqu'on remplace le vase poreux en terre cuite rouge, d'un élément Bunsen, dont la résistance intérieure normale est de 0,06 ohm, par un vase en fibre vulcanisée d'un demi millimètre d'épaisseur la résistance électrique de l'élément est un peu au-dessus de 0,03 ohm.

La fibre vulcanisée résiste à peu près à tous les acides sauf l'acide sulfurique très concentré, et les solutions de bichromate de potasse et de soude qui la dissolvent très rapidement. Les solutions de soude et de potasse sont sans aucun effet.

L'inspection des chaudières à vapeur, qui n'est jamais une opération très simple, présente surtout des difficultés sur les locomotives de l'Alsace-Lorraine; une ordonnance de 1878 prescrit, en effet, au bout de huit années de marche et ensuite dans les six ans, la visite intérieure du corps de chaudière, les tubes à feu étant enlevés.

Or, un certain nombre de locomotives, notamment celles employées sur les tramways allemands, sont inaccessibles à l'intérieur, à moins qu'on retire la plaque tubulaire d'arrière, opération qui constitue un travail coûteux et peut en outre compromettre la solidité du corps de chaudière horizontal après remise en place de la plaque tubulaire.

Pour éviter ces inconvénients, M. Walther-Meunier, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, a pensé à introduire une petite lampe à incandescence dans l'intérieur du corps de chaudière inaccessible. Cette lampe doit être de diamètre assez faible pour passer dans les ouvertures laissées par les tubes enlevés; elle est alimentée par un accumulateur.

L'expérience, faite dans ces conditions, a parfaitement réussi et le succès a été si complet que l'Administration allemande a autorisé officiellement cette manière de procéder. L'opération est fort simple et nous croyons utile de la signaler car elle est susceptible d'être imitée dans de nombreuses circonstances.

Les nouvelles propositions de MM. Siemens et Halske à la municipalité de Vienne, modifiant le cahier des

charges pour la concession de deux stations centrales d'électricité, ont été acceptées dans la séance du 19 juillet du Conseil municipal de cette ville.

Les deux autres stations projetées par d'autres entrepreneurs seront sans doute soumises aux mêmes conditions.

Au mois de septembre prochain une Exposition industrielle sera ouverte à Torento, pour laquelle, la « Torento Electrical C° » se propose de construire un chemin de fer électrique qui marcherait à la vitesse de 60 kilomètres à l'heure.

Ce sera le premier chemin de fer électrique à grande vitesse.

M. A. Illyne, membre de la Société impériale polytechnique, de Russie, vient de faire paraître un formulaire de physique, suivi d'un annuaire contenant un exposé des progrès scientifiques réalisés pendant l'année dernière.

L'intention de l'auteur est d'ailleurs d'établir à Saint-Pétersbourg, un bureau d'information destiné à fournir tous les renseignements voulus, au sujet des inventions ou expériences plus ou moins récentes dans le domaine de la physique et de l'électricité appliquée.

Le siége social de la nouvelle entreprise sera, 29, Perspective anglaise, à Saint-Pétersbourg; elle pourra sans doute être d'une certaine valeur pour l'industrie et le commerce, en qualité d'intermédiaire désintéressé entre les producteurs et les consommateurs.

Voici quelques détails sur le chemin de fer électrique qui sera installé par MM. Woodhouse et Rawson, à l'Exposition qui s'ouvrira prochainement à Newcastle, en Angleterre. La longueur de la ligne sera de 800 mètres; le courant arrivera au moteur placé sur la voiture par un rail central isolé et monté sur des blocs imprégnés d'asphalte, d'une épaisseur de 10 centimètres; les deux rails ordinaires serviront de conducteur de retour.

Le moteur pourra développer 20 chevaux; sa vitesse moyenne sera de 800 tours à la minute, tandis que la dynamo génératrice marchera à environ 1,000 tours Les deux machines sont du même type.

M. Edison, le célèbre inventeur américain est actuel-en train d'installer son nouveau laboratoire, à Llwellyn Park, dans l'État de New-Jersey, qui sera entièrement consacré aux expérience. M. Edison s'occupe en ce momoment surtout de perfectionner son système de télégraphie sous-marine, basé sur la facilité remarquable avec laquelle l'eau se prête à la transmission du son.

M. Edison espère arriver à pouvoir transmettre des dépêches d'un navire à un autre, et sans autre conducteur que l'eau à une distance de 10 kilomètres au moins.

L'application du mica aux appareils électriques a considérablement augmenté la demande de ce minéral, et l'on a construit des machines spéciales pour l'extraire. Plusieurs espèces de mica contiennent assez de fer pour diminuer leurs propriétés isolantes.

En général le mica blanc est le meilleur. Plusieurs fabriques à Boston s'occupent spécialement de la préparation du mica pour les appareils électriques.

Un bateau électrique est actuellement en construction à Newburg, aux États-Unis. Il aura 32 mètres de long et sera actionné par le courant d'une pile secondaire. C'est le premier navire de ce genre construit aux États-Unis.

Éclairage Électrique

La célèbre ville d'eau de Gastein, va être éclairée à la lumière électrique avec 700 lampes à incandescence, tant dans les rues que dans les maisons. Les fils sont déjà placés, mais l'installation des machines n'est pas encore terminée. La force motrice sera fournie par des turbines.

La gare centrale à Christiana, en Hongrie, est éclairée depuis quelques temps à la lumière électrique, un fait d'autant plus surprenant que l'usine à gaz appartient à la ville qui subit une perte annuelle de 50,080 francs, par suite de la suppression du gaz dans la gare.

Les bateaux à vapeur qui desservent la côte de Norwège sont également pourvus d'installations d'éclairage électrique du système Edison.

La maison Ganz, de Buda-Pesth, vient d'étudier un vaste projet pour l'installation de la lumière électrique à Gênes. L'usine centrale serait établie en dehors de la ville, sur le territoire de Campomarone, et la distribution du courant se ferait au moyen des transformateur Zipernowsky, Déri et Blathy. On a demandé au gouvernement d'accorder à cette tentative la déclaration d'utilité publique, qui favoriserait considérablement les travaux de la construction des lignes.

On annonce que la Compagnie Anglo-Romano du gaz, à Rome, va construire une station centrale d'éclairage électrique capable d'alimenter 18000 lampes à incandescence dont 1800 seront installées à la Chambre des députés, 2,000 dans le théâtre Argentin, 300 dans le théâtre Paese, 400 dans le théâtre National, 800 au palais du Quirinal et 180 au Ministère de l'intérieur.

La « Society of Arts » de Londres, annonce son intention d'ouvrir un nouveau concours pour les moteurs pour l'éclairage électrique. Quatre médailles en or et quatre en argent seront décernées après des expériences pratiques dans des conditions déterminées d'avance.

Le concours aura lieu à Londres au mois de mai ou de juin 1888, mais les demandes d'inscription doivent être parvenue à la Société avant le 31 décembre prochain.

Le tableau suivant donnera une idée du prix moyen de l'éclairage électrique dans les villes au États-Unis. L'intensité lumineuse des foyers est toujours de 2,000 bougies excepté à Brooklyn où elle n'est que de 1200.

	Nombre de lampes	Prix par soirée	Système	Durée du contrat
New-York.....	711	3.50 fr.	Brush United States.	1 année
Philadelphie.....	525	2.70	Brush United States, Thomson-Houston.	1 année
Brooklyn.....	995	2.50	Thomson-Houston.	1 année
Boston.....	504	3.25	Brush, Weston, Thomson-Houston.	3 années
Newark.....	150	2.50	United States Weston.	3 années
Providence R. J...	175	2.50	Weston Thomson-Houston.	1 année
Albany.....	481	2.50	Brush.	5 années
Rochester N. Y...	309 77	2.25 1.50	Brush	5 années

A Albany comme à Boston et à Philadelphie, les lampes, poteaux, etc., sont en partie ou tout à fait la propriété de la ville.

La Société technique impériale de Russie, va ouvrir au mois de novembre prochain, une Exposition d'appareils d'éclairage qui durera pendant trois mois. Il y aura naturellement un département d'électricité, on recevra les demandes depuis le 27 août jusqu'au 27 octobre.

Les demandes d'admission doivent être adressées avant le 27 août à la Commission de l'Exposition, Société technique impériale, Panteleimorskaja, n° 2, à Saint-Pétersbourg.

La ville de Philadelphie possédera bientôt la plus grande installation isolée de lumière électrique du monde dans l'usine de locomotives Baldwin, qui sera éclairée avec 2,700 lampes de 16 bougies. Il y aura cinq dynamos de 600 lampes chacune.

Le système Westinghouse a été adopté, et les travaux sont déjà en cours d'exécution.

Télégraphie et Téléphonie

L'administration générale des postes et télégraphes en Allemagne, vient de livrer au public une nouvelle ligne téléphonique entre Berlin et Hambourg une distance de 240 kilomètres.

Il a été décidé par les tribunaux allemands, que l'Administration générale des postes de l'Empire, tout en possédant le monopole pour la transmission des dépêches pour le public, ne peut cependant exercer aucun contrôle sur les lignes télégraphiques et téléphoniques, appartenant à des particuliers.

Un fabricant de Ratibor, en Silésie, avait consenti il y a quelques années à payer une taxe annuelle de 95 fr. au département des postes et télégraphes, pour pouvoir se servir d'une ligne téléphonique qu'il avait fait installer entre ses bureaux et son usine.

Apprenant que le département n'avait aucun droit légal à cette taxe, le fabricant refuse de la payer, et dans le procès qui suivit le tribunal a rendu une décision lui donnant raison.

Pendant les trois premiers mois de 1887, les 2,145 bureaux télégraphiques du royaume italien ont envoyé 1,847,781 télégrammes dont 1,515,063 particuliers pour l'intérieur, et 170,469 pour l'étranger. Les dépêches du gouvernement ont atteint le chiffre 119,248 et ceux de service 46,821.

Pendant ce même trimestre, ces bureaux ont reçu 2,290,959 dépêches, dont 2,089,815 de l'intérieur et 201,148 de l'étranger.

Il y a une augmentation, sur la même période de l'an-

née précédente, de 150,237 télégrammes à l'arrivée et 203,714 au départ.

A l'occasion du banquet qui a eu lieu le 27 juillet dernier, à Londres, pour célébrer le cinquantenaire des télégraphes, en Angleterre, le Directeur général des télégraphes, a déclaré que la vitesse des transmissions, entre Dublin et Londres, est aujourd'hui de 462 mots par minute, et que le département des télégraphes du Royaume Uni, avait transmis l'année dernière, un total de 51 1/2 millions de dépêches.

La valeur moyenne d'une dépêche pour l'Etat est de 95 centimes. Un autre orateur a fixé la longueur des câbles existants à 115,000 milles d'une valeur d'un milliard de francs.

On annonce de New-York, que la « Commercial câble C° » (Mackay-Bennett), a l'intention de réduire son tarif à 60 centimes par mot, à moins que les autres Compagnies des câbles transatlantiques ne consentent à fixer les leurs dans un délai de quinze jours, à 2 francs par mot.

On annonce qu'un accord est intervenu entre les compagnies télégraphiques en Chine, et les administrations chinoise et russe des télégraphes, d'après laquelle une communication télégraphique sera établie avec les lignes terrestres, en Sibérie, à Hungchun, avec un tarif spécial qui ne fera aucune concurrence aux Compagnies.

On ne connait pas encore les détails de la convention, mais on croit que les Compagnies des câbles paieront un subside annuel entre la Chine et l'Europe. Une exception sera faite pour les dépêches russes qui passeront à tous les points de la Chine, à raison de 1 fr. 25 par mot.

On télégraphie de Washington, que M. Cleveland parlera probablement dans son message annuel, au mois de décembre, de la nécessité d'établir une communication télégraphique par câble, entre les États-Unis et les îles Hawai.

On annonce que le gouvernement des Indes hollandaises, a décidé de faire construire une ligne télégraphique à travers Sumatra, de l'ouest à l'est.

On parle aussi, paraît-il, de placer un câble entre Java et Celebes. Borneo ainsi que plusieurs des îles principales, sont aujourd'hui sans aucune communication télégraphiques avec le reste du monde.

Une concession vient d'être accordée par le gouvernement Colombien à M. E. Violet, pour la construction des lignes télégraphiques de chemins de fer.

On étudie en ce moment un plan pour l'extension du système fédéral des télégraphes au Yucatan, et l'on espère que tous les points principaux seront reliés entre eux vers la fin de cette année.

Les télégraphes de l'État, au Brésil, ont actuellement un développement de 10,610 kilomètres environ, de câbles sous-marins.

La Chambre de commerce de Paris, vient d'appeler l'attention des pouvoirs publics sur l'urgence de rendre effectives les relations téléphoniques entre Paris, la province et l'étranger et a demandé que les communications puissent être données le plus tôt possible entre les domiciles des abonnés et non de bureau à bureau, comme cela a encore lieu actuellement.

Le « Western Counties Telephon C° » vient d'ouvrir une ligne téléphonique directe entre Gloucester et Bristol. Les lignes de grande communication de cette Société comprennent actuellement 282 milles de lignes avec 865 milles de fils.

On télégraphie de New-York, que les tribunaux ont donné gain de cause à la Compagnie Bell, dans le procès intenté par cette Société à la Compagnie Globe, exploitant le système téléphonique de MM. Barsano et Slater.

La défense de la Compagnie Globe était basée sur la priorité d'invention de Meucci l'inventeur italien.

Nous avons annoncé dans le temps que M. Gray avait demandé au bureau des brevets à Washington de pouvoir modifier la revendication de son brevet téléphonique en y ajoutant le mot « métallique » avant le mot « diaphragme ».

L'examinateur en chef dans le département de l'électricité, a décidé que la demande de M. Gray n'était pas admissible, la question ayant déjà été tranchée par les tribunaux.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 3 SEPTEMBRE 1887 N° 36

SOMMAIRE. — Les essais électriques à l'exposition universelle d'Anvers ; W. - C. Rechniewski. — La télégraphie sous-marine ; E. Wunschendorff. — Sur le coefficient de self-induction de deux bobines réunies en quantité ; P. - H. Ledeboer.— Les chemins de fer électriques à petite section ; E. Dieudonné.— Revue des travaux récents en électricité : Système d'appel par courant continu dans les réseaux téléphoniques, par W. Oesterreich. — Détermination de la conductibilité électrique des fils métalliques, par M. Mialaret. — Nouvelle méthode de graduation des galvanomètres, par M. O. Grotrian. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Weztler. — Variétés : Parlementarisme et électricité ; J. Anizan. — Bibliographie : L'illuminazione elettrica : Lampe de ellettriche, Th. du Moncel ; A. Palaz. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Faits divers.

LES ESSAIS ÉLECTRIQUES

A

L'EXPOSITION UNIVERSELLE D'ANVERS [1]

II. — LES MACHINES DYNAMOS

Les essais dont nous donnons les résultats plus bas ont porté sur les dix machines suivantes :

1° Dynamo Brush (n° 35) type de 16 foyers ;
2° — Crompton, n° 10 ;
3° — Jaspar, type 1, A, n° 377 ;
4° — Victoria, n° 720 ;
5° — Gramme, type supérieur ;
6° — — — d'atelier ;
7° — Gülcher, n° 5 ;
8° — — n° 4 ;
9° Électromoteur Immish, n° 2 ;
10° — — n° 68.

Au-dessous de 16 chevaux le travail mécanique absorbé par les dynamos était mesuré au moyen du dynamomètre de Hefner von Alteneck ; le travail absorbé dans le dynamomètre lui-même, du reste, peu considérable et difficile à apprécier n'était pas soustrait du travail total observé.

Au-dessus de 16 chevaux les travaux étaient mesurés au moyen de diagrammes d'indicateur ; on les déterminaient pendant la marche des dynamos, et ensuite en enlevant leur courroie de commande, la machine à vapeur marchant à la même vitesse ; la différence des diagrammes donnait le travail absorbé par les dynamos, augmentés du surplus des frottements dans la machine à vapeur et les transmissions pendant la marche en charge.

Le coefficient de réduction provenant des frottements, n'ayant pu être déterminé directement par des essais au frein à cause du manque de temps, on a employé dans le calcul un coefficient théorique de 0,85.

Les déterminations mécaniques exécutées de cette maniére sur les machines Victoria et Gülcher ne peuvent avoir évidemment l'exactitude de celles exécutées au moyen du dynamomètre.

Les nombres de tours étaient mesurés au compteur.

Les données électriques relevées étaient :

1° La différence de potentiel aux bornes ;

[1] Voir *La Lumière Électrique* du 27 août 1887.

2° Le courant extérieur et dérivé ;

3° La résistance à chaud, soit de l'induit, soit des inducteurs, se mesurant immédiatement après l'arret de la machine, en lançant à travers l'induit ou les inducteurs au moyen d'une batterie d'accumulateurs et d'un rhéostat, un courant égal au courant existant pendant la marche et en mesurant la différence de potentiel aux bornes ; leur rapport donne la résistance.

En opérant de cette manière, la perte provenant de l'augmentation apparente de résistance dans l'induit pendant la rotation se trouvait comptée avec les pertes mécaniques, il aurait été intéressant de la dégager. Toutes les déterminations se faisaient simultanément.

Voici, du reste, l'ensemble des grandeurs déterminées, soit directement, soit déduites des mesures, et dont les symboles figurent dans les tableaux suivants :

V nombre de tours par minute ;

A travail mécanique absorbé par la dynamo ;

e différence de potentiel aux bornes de la machine ;

I intensité du courant dans le circuit extérieur;

I_m — — — les inducteurs en dérivations ;

$r_a + r_e$ résistance à chaud de l'induit et des inducteurs en série.

Ces quantités étant déterminées directement; on en déduit alors :

$I_a = I + I_m$ courant dans l'induit pour une machine en dérivation ou compound ;

$\tau = \frac{eI}{736}$ travail électrique, en chevaux, dans le circuit extérieur ;

$T_a = \frac{I_a^2 r_a}{736}$ travail dépensé, en chevaux, dans l'induit ;

$T_e = \frac{I_e^2 r_e}{736}$ travail depensé, en chevaux, dans les inducteurs en série ;

$T_m = \frac{I_m e}{736}$ chevaux absorbés dans les inducteurs en dérivation ;

$T = \tau + T_a + T_e$ énergie électrique totale développée par une dynamo en série;

$T = \tau + T_a + T_m$ énergie électrique totale développée par une dynamo en dérivation;

$T = \tau + T_a + T_m + T_e$ énergie électrique totale developpée par une dynamo compound ;

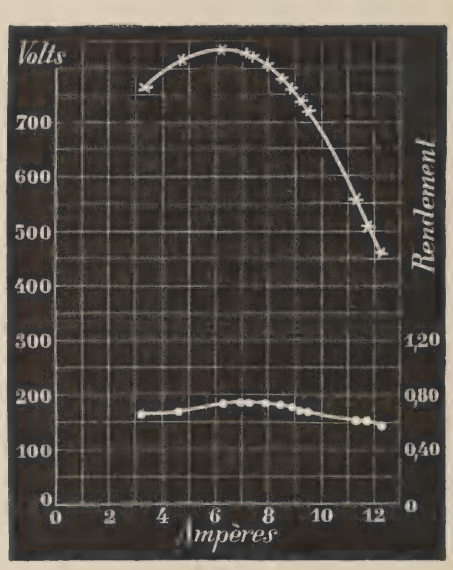
$\frac{T}{A}$ rendement total ou coefficient de transformation de la dynamo.

$\frac{\tau}{T}$ rendement électrique ;

$\frac{\tau}{A}$ rendement industriel.

Dynamo Brush (n° 35), type de 16 foyers, présentée par la Société l'Électrique, de Bruxelles

Cette machine dont l'induit porte 8 bobines,



Dynamo Brush

avec un noyau formé d'un ruban de tôle de fer enroulé sur lui-même ; des bandes transversales séparant les bobines forment des dents saillantes; c'est le type ordinaire de la machine Brush.

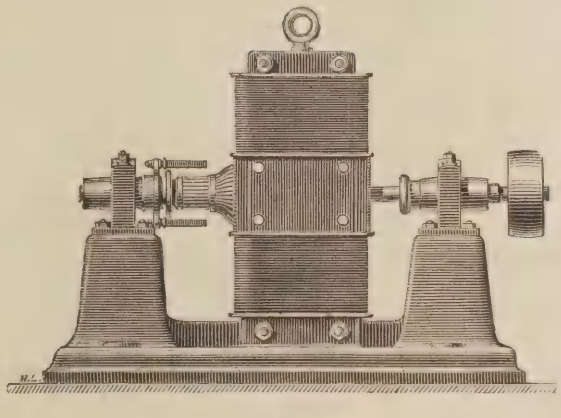
La résistance de l'induit à chaud..	12,45	ohms
— des inducteurs	7,85	—
Résistance totale....	20,30	ohms

Les déterminations du travail absorbé ont eu lieu au moyen du dynamomètre Hefner von Alteneck.

Le tableau donne les résultats obtenus, tandis que les deux courbes montrent la caractéristique extérieure, c'est-à-dire le rapport entre le courant extérieur et la différence de potentiel aux bornes, et le rendement industriel pour une vitesse réduite à 1080 tours. Cette réduction peut se faire avec suffisamment d'exactitude par le calcul, les écarts de vitesses pendant les expériences étant très faibles.

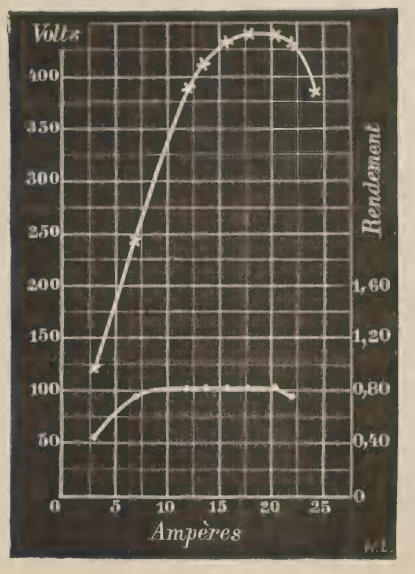
Dynamo Crompton, n° 10, présentée par la Société anonyme des Forges, Usines et Fonderies de Gilly

Dynamo en série, induit à anneau destiné à alimenter 10 lampes à arc en série.



Dynamo Crompton

Les sections sur l'induit sont au nombre de 51.
Les noyaux des inducteurs sont en fer doux.
Poids de la dynamo, 600 kilogrammes.



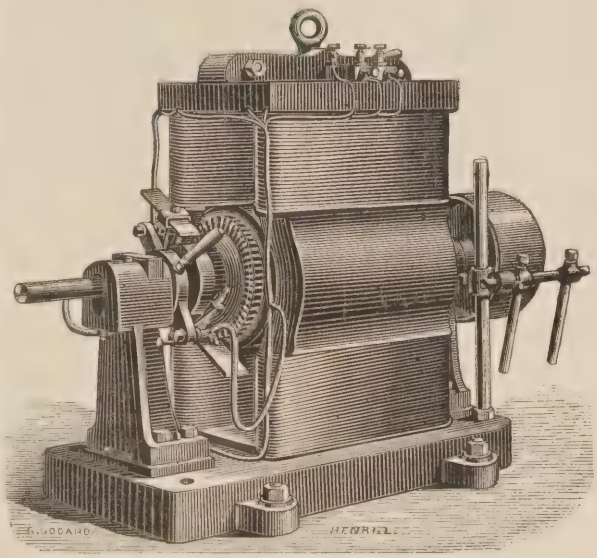
Dynamo Crompton

Résistance à chaud de l'anneau....	1,48 ohms
— — des inducteurs.	1,62 —
Résistance totale....	3,10 ohms

Le travail est mesuré au dynamomètre Hefner von Alteneck.

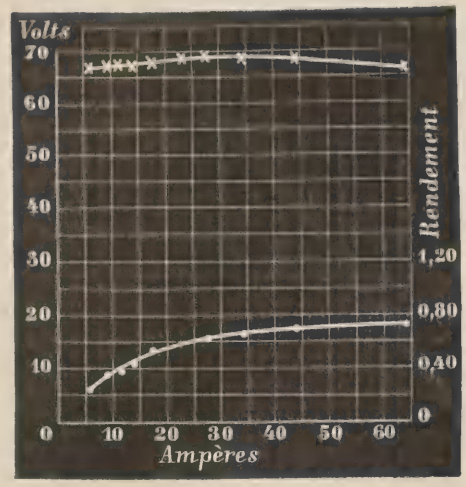
Dynamo Jaspar, type I, A, n° 377, présentée par M. Jaspar, constructeur, à Liège

Dynamo Compound à long shunt.
Inducteurs en fonte en deux pièces.



Dynamo Jaspar

Résistance de l'induit à chaud...	0,1274 ohm.
— des inducteurs en série.	0,109 —
Résistance des inducteurs en dérivation	15 ohms * (1)



Dynamo Jaspar

Dynamo Victoria, n° 720, présentée par la Compagnie l'« Électrique », de Bruxelles

Dynamo compound à court shunt, 4 pôles, in-

(1) Les résistances marquées d'un astérisque ne sont pas indiquées dans le rapport, on les a déduites des tableaux.

Machine Brush (type 16 foyers) n° 35

V	A	e	I	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2(r_a + r_c)}{736} = T_a + T_c$	T	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1080	5,105	764	3,35	3,48	0,310	3,790	0,743	0,918	0,682
1080	7,68	821	4,73	5,28	0,616	5,896	0,768	0,896	0,687
1080	9,86	834	6,30	7,14	1,092	8,232	0,835	0,867	0,724
1080	10,74	828	7,03	7,91	1,363	9,273	0,864	0,853	0,736
1082	11,15	826	7,27	8,16	1,458	9,618	0,862	0,849	0,731
1082	11,91	804	7,93	8,66	1,733	10,393	0,872	0,839	0,727
1080	12,66	784	8,55	9,11	2,015	11,125	0,879	0,819	0,719
1075	12,79	760,5	8,82	9,12	2,145	11,265	0,881	0,809	0,713
1075	13,36	740	9,12	9,17	2,293	11,463	0,858	0,800	0,685
1070	13,5	720	9,45	9,24	2,469	11,700	0,867	0,790	0,685
1085	13,69	552	11,32	8,49	3,540	12,030	0,879	0,706	0,620
1080	13,24	506	11,70	8,05	3,780	11,830	0,894	0,680	0,608
1080	12,77	457	12,24	7,60	4,140	11,740	0,919	0,647	0,595

Dynamo Crompton en série

V	A	e	I	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2(r_a + r_c)}{736} = T_a + T_c$	T	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1380	1,12	121,5	3	0,496	0,037	0,533	0,476	0,931	0,443
1380	3,01	245	6,6	2,20	0,183	2,383	0,792	0,923	0,730
1375	7,73	388,5	11,89	6,28	0,586	6,866	0,887	0,914	0,811
1375	9,22	410	13,55	7,55	0,774	8,324	0,903	0,907	0,819
1380	11,26	431,5	15,8	9,27	1,051	10,321	0,917	0,898	0,823
1380	13,00	440	17,83	10,66	1,320	11,980	0,922	0,890	0,821
1380	14,75	442	20,2	12,14	1,717	13,857	0,940	0,876	0,823
1375	17,11	430	21,9	12,80	2,020	14,820	0,867	0,864	0,749
1375	—	383	23,85	11,41	2,390	14,800	—	0,839	—

Machine Jaspar, type 1, A, n° 377

V	A	e	I	I_m	$I_a = I + I_a$	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2_a\,r_a}{736} = T_a$	$\frac{I^2\,r_c}{736} = T_c$	$\frac{I^2_m\,r_m}{736} = T_m$	$T = \tau + T_a + T_c + T_m$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1920	1,921	66,0	5,5	4,4	9,90	0,4932	0,01697	0,01451	0,3955	0,919	0,478	0,537	0,257
1940	2,349	67,0	9,05	4,4	13,45	0,8238	0,03131	0,02679	0,4005	1,2824	0,546	0,642	0,351
1945	2,662	67,2	11,15	4,4	15,55	1,018	0,04186	0,03581	0,4017	1,4974	0,562	0,680	0,382
1945	2,867	67,0	13,97	4,51	18,48	1,272	0,05912	0,05058	0,4105	1,792	0,626	0,710	0,444
1950	3,080	68,2	17,57	4,51	22,08	1,628	0,08439	0,0722	0,418	2,203	0,716	0,739	0,529
1950	—	69,1	23,25	4,58	27,83	2,183	0,1341	0,1147	0,430	2,862	—	0,763	—
1950	4,210	69,4	27,7	4,51	32,21	2,612	0,1796	0,1536	0,425	3,370	0,800	0,776	0,620
1950	5,031	69,0	34,7	4,4	39,10	3,253	0,2646	0,2264	0,4075	4,1515	0,826	0,784	0,647
1950	5,955	68,2	44,1	4,51	48,61	4,086	0,4080	0,3499	0,418	5,262	0,884	0,777	0,686
1950	8,213	66,6	64,8	4,26	69,06	5,864	0,8256	0,7063	0,3855	7,7814	0,946	0,754	0,714

duit annulaire de 60 sections, deux balais avec connexions intérieures dans le collecteur :

Résistance de l'induit à chaud.. 0,02225 ohm
— des inducteurs en série. 0,01605 —

Résistance des inducteurs en dérivation ..... 4,55 ohms

Travail mesuré à l'aide des diagrammes d'indicateur.

Machine Victoria, n° 720

A	e	I	I_r	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2_a\, r_a}{736} = T_a$	$\frac{I^2_m\, r_m}{736} = T_m$	$\frac{I^2\, r_c}{736} = T_c$	$\tau + T_a + T_c + T_m = T$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
16,10	62,8	147,0	14,65	12,54	0,790	1,328	0,471	15,129	0,94	0,829	0,779
17,402	63,4	130,3	14,5	11,23	0,634	1,300	0,37	13,534	0,778	0,830	0,646
15,80	63,9	113,0	14,5	9,81	0,481	1,300	0,278	11,869	0,752	0,826	0,621
13,72	65,6	78,3	14,5	6,98	0,260	1,300	0,133	8,673	0,632	2,805	0,509
10,83	66,0	57,6	14,5	5,165	0,157	1,300	0,0722	6,694	0,618	0,772	0,477
7,46	66,2	19,1	14,5	1,717	0,034	1,300	0,0078	3,059	0,41	0,562	0,23
6,36	66,6	0	14,5	0	0,006	1,300	0	1,306	0,2055	0	0

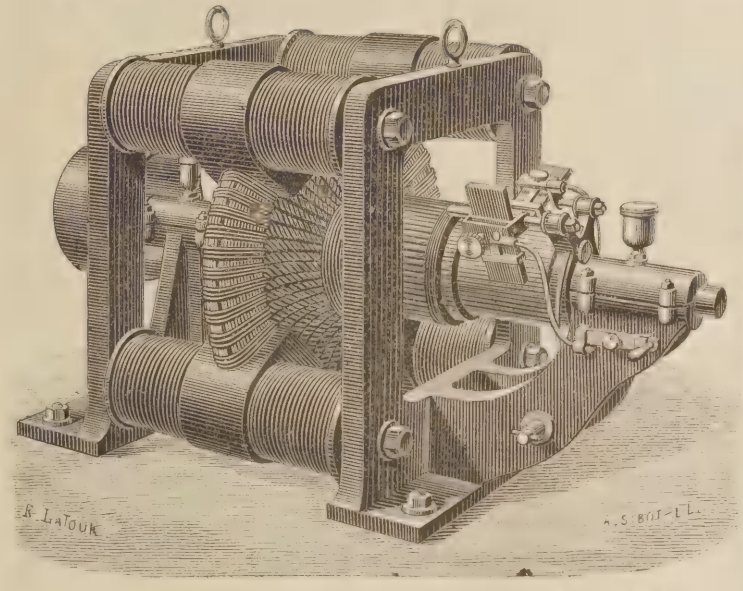
Dynamo Gramme, type supérieur F. présentée par la « Compagnie générale d'Électricité », *de Bruxelles*

Dynamo Compound à court-shunt.

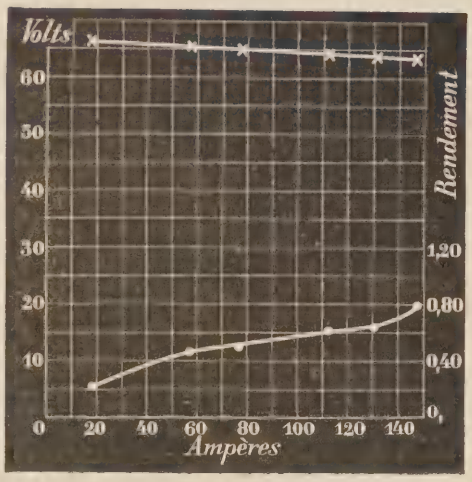
Inducteurs en fonte d'une seule pièce,

Résistance à chaud de l'induit.. 0,0486 ohm

— — des inducteurs en série..... 0,012 —



Dynamo Victoria



Machine Gramme (type supérieur F)

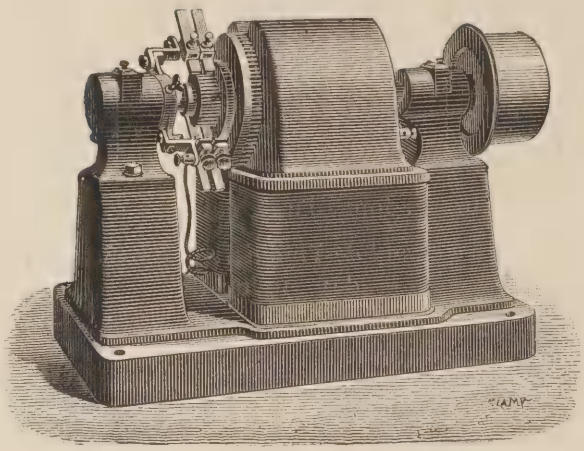
V	A	e	I	I_s	$I_a = I + I_s$	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2_a\, r_a}{736} = T_a$	$\frac{I^2\, r_c}{736} = T_c$	$\frac{I^2_m\, r_m}{736} = T_m$	$T = \tau + T_a + T_c + T_m$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1520	3,146	111,1	0	3,39	3,39	0	0,00076	0	0,534	0,534	0,17	0	0
1530	4,165	102,0	10	3,17	13,17	1,386	0,0115	0,00163	0,467	1,866	0,448	0,743	0,333
1534	5,568	100,2	19,1	3,08	22,18	2,6003	0,0325	0,0059	0,441	3,079	0,554	0,844	0,467
1526	8,677	99,5	31,55	3,05	34,60	4,265	0,0791	0,0162	0,432	4,793	0,552	0,89	0,492
1530	9,935	96,5	47,9	2,97	50,87	6,280	0,1709	0,0374	0,4096	6,898	0,694	0,91	0,632

Résistance à chaud des inducteurs en dérivation..... 34,18 ohms

Le travail a été mesuré au dynamomètre Hefner von Alteneck.

Dynamo Gramme, type d'atelier, enroulée en dérivation, présenté par MM. Heilmann, Ducommun, et Steinlen, de Mulhouse.

Résistance de l'anneau à chaud..... 0,16 ohm
— des inducteurs..... 7,4 * —

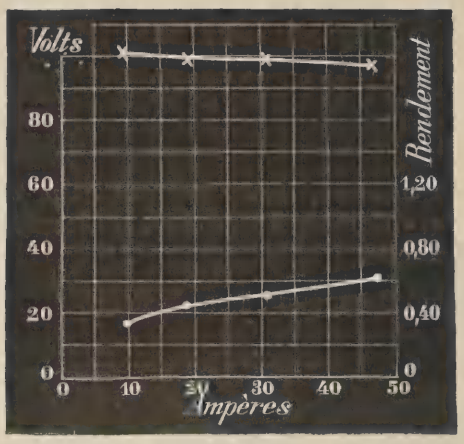


Dynamo Gramme type supérieur

Le travail a été mesuré au dynamomètre Hefner von Alteneck,

Dynamo Gülcher, n°5, présentée par la Compagnie Générale d'Électricité, de Bruxelles

Dynamo compound à long shunt, à 8 pôles, 2 balais, connections intérieures dans le collecteur :



Dynamo Gramme type supérieur

Résistance à chaud de l'induit..... 0,022 ohm
— des inducteurs en série. 0,028 —

Machine Gramme (type d'atelier)

V	A	e	I	I_m	$I_a = I + I_m$	$\frac{e\,I}{746} = \tau$	$\frac{I^2_a\, r_a}{736} = T_a$	$\frac{e\, i_m}{736} = T_m$	$T = \tau + T_a + T_m$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1600	0,512	0	0	0	0	0	»	»	»	»	»	»
1620	5,79	51,8	44,4	7,28	51,68	3,125	0,581	0,512	4,218	0,729	0,741	0,540
1620	5,62	56,1	38,7	7,92	46,62	2,95	0,472	0,603	4,025	0,717	0,734	0,526
1620	4,75	62,1	27,3	8,50	35,80	2,30	0,279	0,717	3,296	0,694	0,698	0,484
1620	4,58	63,4	25,45	8,55	34,00	2,19	0,253	0,736	3,179	0,695	0,689	0,478
1600	4,20	65,0	19,7	8,75	28,45	1,74	0,176	0,772	2,688	0,640	0,648	0,414
1600	3,24	66,6	13,3	9,00	22,30	1,20	0,108	0,814	2,122	0,655	0,566	0,370
1600	3,07	67,5	10,3	9,00	19,30	0,94	0,081	0,825	1,846	0,602	0,509	0,306
1600	2,22	70,0	0	9,30	9,30	0	0,019	0,884	0,903	0,407	»	»

Résistance moyenne des inducteurs en dérivation..... 27,5 ohms *

Travail mesuré avec les diagr. d'indicateur.

Dynamo Gülcher, n° 4, présentée par la Compagnie générale d'Électricité, *de Bruxelles*

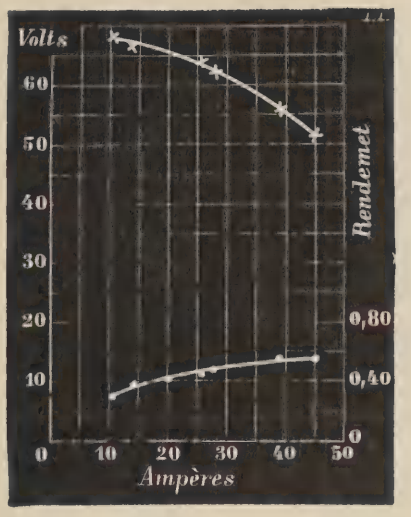
Dynamo Compound à long shunt, à 4 pôles, induit annulaire de 92 sections, 4 balais.

Résistance de l'induit à chaud.... 0,0642 ohm
— de l'inducteur en série à chaud..... 0,0436 —
Résistance des inducteurs en dérivation..... 25 ohms *

Travail mesuré à l'aide des diagrammes d'indicateur.

Électromoteur Immisch, n° 2, présenté par M. Immisch, de Londres

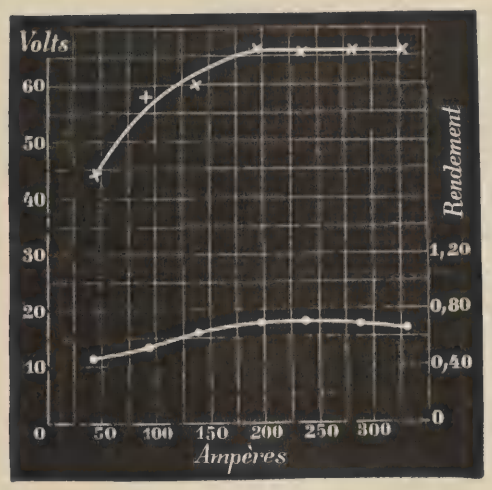
(Pour la description du moteur on peut se rap-



Dynamo Gramme type d'atelier

porter à *La Lumière Électrique*, vol. XXIV, page 259).

Le courant était fourni par des accumulateurs



Dynamo Gülcher No 5

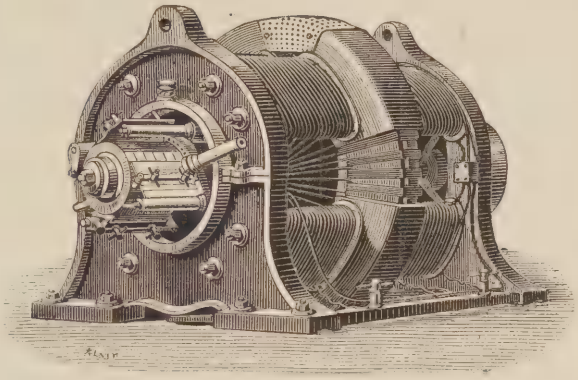
et le travail disponible mesuré au frein de Prony.

Résistance à chaud des inducteurs.	0,209	ohm
— — de l'induit.....	0,230	—
Résistance totale....	0,439	ohm

Poids du moteur avec sa poulie, 31 kilogrammes.

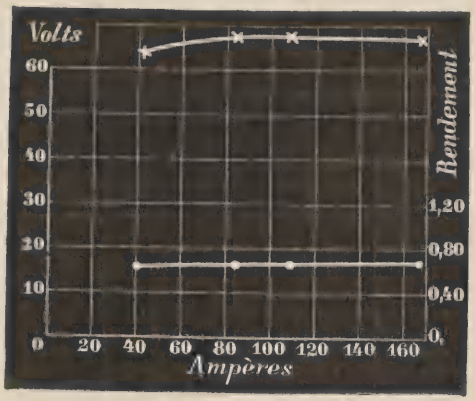
Les chiffres réunis dans les tableaux se rapportent aux grandeurs suivantes :

V nombre de tours par minute ;
I intensité du courant ;



Dynamo Gülcher No 4

e différence de potentiel aux bornes ;
r résistance à chaud ;
$A = \frac{eI}{9,81}$ travail électrique absorbé en kilogrammètres par seconde ;
T travail mécanique recueilli au frein ;
τ travail transformé en chaleur $\tau = \frac{I^2 r}{9,81}$;



Dynamo Gülcher No 4

$\frac{T}{A}$ rendement mécanique ;
$\varepsilon = e - rI$ force contre électromotrice ;
$\frac{\varepsilon}{e}$ coefficient de transformation du moteur.

La quantité $\varepsilon I - T$ représente la perte de travail par seconde provenant des courants de Foucault, et des frottements mécaniques.

Machine Gülcher, n° 5

A	e	I	I_a	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I_a\,r_a}{736} = T_a$	$\frac{I_c\,r_c}{736} = T_c$	$\frac{e\,I_m}{736} = T_m$	$\tau + T_a + T_c + T_m = T$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	0
2,06	17,0	0	0,647	0	0,000016	0,000016	0,015	0,015	0,006	0	0
5,21	43,2	41,5	1,53	2,435	0,073	0,088	0,0898	2,686	0,516	0,907	0,467
13,60	56,8	90,4	2,02	6,976	0,3365	0,406	0,156	7,874	0,578	0,886	0,513
17,15	58,8	137,0	2,10	10,94	0,762	0,920	0,1676	12,790	0,746	0,855	0,638
25,70	66,3	196,0	2,345	17,65	1,550	1,871	0,211	21,282	0,828	0,830	0,687
30,20	65,1	238,6	2,305	21,10	2,286	2,760	0,204	26,350	0,873	0,801	0,699
36,80	65,8	287,0	2,305	25,65	3,297	3,908	0,206	33,061	0,898	0,776	0,697
44,80	66,0	333,5	2,26	29,90	4,443	5,361	0,203	39,907	0,891	0,750	0,668

Machine Gülcher, n° 4

A	e	I	I_m	$\frac{e\,I}{736} = \tau$	$\frac{I^2_a\,r_a}{736} = T_a$	$\frac{I^2_a\,r_c}{736} = T_c$	$\frac{e\,I_m}{736} = T_m$	$\tau + T_a + T_c + T_m = T$	$\frac{T}{A}$	$\frac{\tau}{T}$	$\frac{\tau}{A}$
1,40	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	»
1,66	37,0	0	1,49	0	0,00003	0,0002	0,075	0,075	0,045	0	0
5,53	64,0	40,4	2,59	3,512	0,2625	0,1757	0,225	4,175	0,756	0,842	0,635
11,70	67,1	83,7	2,64	7,63	1,058	0,709	0,241	9,638	0,824	0,792	0,652
15,00	67,3	10,85	2,70	9,92	1,755	1,175	0,247	13,097	0,873	0,758	0,661
22,65	67,3	16,62	2,65	15,20	4,050	2,71	0,242	22,202	0,980	0,685	0,671

Électro-moteur Immisch n° 2

V	T travail au frein kgm/sec.	e	I	$\frac{e\,I}{9,81} = A$ kgm/sec.	$\frac{I^2\,r}{9,81} = \tau$ kgm/sec.	$\frac{T}{A}$	$\varepsilon = e - I\,r$	$\frac{\varepsilon}{e}$
1935	65,72	50,5	25,65	132,1	29,45	0,497	39,24	0,778
1710	58,08	43,0	25,20	110,4	28,45	0,526	31,94	0,744
2180	72,59	51,9	25,20	133,3	28,45	0,544	40,84	0,788
2160	71,93	46,9	24,56	117,1	26,90	0,614	36,15	9,771
2169	72,23	45,1	24,60	113,1	27,10	0,638	34,30	0,761
1944	64,73	42,8	24,10	105,1	26,00	0,616	34,22	0,753
2313	115,53	56,4	30,10	173,0	40,54	0,668	43,19	0,766
1954	100,85	54,6	30,45	169,4	41,50	0,595	41,24	0,756
1882	94,00	53,6	30,10	164,5	40,54	0,571	40,39	0,754
1774	94,52	51,8	32,00	168,9	45,90	0,559	37,75	0,729
1726	28,74	32,2	16,80	55,2	12,63	0,521	24,82	0,771
1948	32,43	32,9	16,95	56,84	12,88	0,571	25,46	0,774
1930	32,13	33,5	16,95	57,9	12,88	0,555	26,06	0,778

Electromoteur Immisch, n° 68 [1]

Résistance à chaud des inducteurs. 0,115 ohm

— — de l'induit..... 0,180 —

Résistance totale.... 0,305 ohm

Poids du moteur avec sa poulie 41,6 kilogrammes.

[1] Les déterminations sur ce moteur ont été faites au laboratoire de Liège.

Électro-moteur Immisch, n° 68

V	T travail au frein kgm/sec.	e	I	$\frac{e\,I}{9,81} = A$ kgm./sec.	$\frac{I^2\,r}{9,81} = \tau$ kgm./sec.	$\frac{T}{A}$	$\varepsilon = e - I\,r$	$\frac{\varepsilon}{e}$
1450	57,44	35,6	22,0	80,56	15,32	0,714	28,83	0,811
1500	60,11	39,2	23,0	91,91	16,45	0,654	32,18	0,822
1530	72,72	42,8	24,0	104,71	17,91	0,695	35,48	0,829
1710	86,06	47,0	24,8	118,82	19,12	0,724	39,44	0,840
1800	40,26	35,6	17,5	63,51	9,52	0,634	30,26	0,850
1800	95,62	49,2	25,8	129,39	20,70	0,739	41,33	0,841
1800	*132,53	60,0	31,5	192,66	30,85	0,688	50,39	0,840
1845	79,96	46,2	23,25	109,49	16,80	0,730	39,11	0,847
1845	115,21	59,1	28,25	170,18	24,80	0,677	50,48	0,855
1890	126,00	60,8	29,25	181,30	26,60	0,695	51,88	0,854
1970	84,46	47,0	22,8	109,23	16,17	0,773	40,05	0,853
1970	123,01	59,1	28,0	168,87	24,40	0,729	50,56	0,855
2000	116,50	57,9	27,1	159,95	22,85	0,728	49,64	0,858
2000	115,57	57,9	27,25	160,83	23,10	0,718	49,59	0,857
2030	141,75	61,9	29,5	186,14	27,05	0,762	52,90	0,855
2030	95,55	49,7	23,6	119,56	17,32	0,799	42,50	0,856
2200	102,52	57,9	24,7	145,78	18,98	0,703	50,37	0,870
2200	110,72	60,0	25,5	155,96	20,25	0,710	52,22	0,871
2200	135,33	65,4	27,5	183,33	23,55	0,738	57,01	0,872

(*) Dans l'original, tous les chiffres de cette colonne, à partir de l'astérisque sont indiqués dix fois trop faible.

En parcourant ces tableaux, on remarquera la grande perte de travail mécanique par les frottements, les courants de Foucault, etc.

Ainsi, dans la machine Gramme type supérieur, cette perte peut dépasser trois chevaux, et la machine a absorbé au maximum 9,935 HP ; cette perte est 6 fois plus considérable que celle provenant de l'échauffement des conducteurs dans l'induit et les électro-aimants; pour les autres machines aussi, cette perte est très considérable, quoique bien moindre que dans la machine Gramme type supérieur. Les constructeurs feront donc bien de déployer pour l'amélioration des conditions mécaniques de leur machine la même persévérance que celle qu'ils ont montrée dans leurs recherches sur l'amélioration du rendement électrique. Les courants de Foucault surtout peuvent causer une grande perte travail.

C'est dommage que ces résultats, qui donnent un grand nombre de chiffres intéressants, ne donnent pas partout le poids de la dynamo, carcasse et conducteurs, et que les dimensions principales des machines ne soient pas indiquées.

Les prix de vente seraient aussi importants à connaître.

Des essais renfermant ces données auraient une bien plus grande importance au point de vue industriel.

W.-C. RECHNIEWSKI

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

B. — *Armature en fer*

L'âme, entourée de chanvre, est généralement recouverte d'une enveloppe de fils de fer, destinée à la protéger contre les causes d'avaries extérieures et à lui donner la résistance mécanique nécessaire pour pouvoir supporter le relèvement, à toutes profondeurs, en cas de réparation. Aux abords des côtes, dans les eaux peu profondes, les câbles sont exposés à être dragués par les ancres des navires et les engins de pêche ; dans les hautes latitudes ils ont parfois à supporter le choc des *icebergs* ou montagnes de glace flottan-

(1) Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* du 23 juillet 1887.

tes; l'agitation incessante de la mer enfin, due aux vents, aux courants, au flux et au reflux de la marée, détermine un ragage ininterrompu des câbles sur le fond de la mer et les détruit rapidement, surtout lorsque le sol est rocailleux. Dans les grandes profondeurs, les câbles, lorsqu'ils sont posés avec un mou suffisant pour leur permettre d'épouser toutes les sinuosités du sol, ne sont exposés à aucune de ces causes de destruction ; il suffit donc qu'ils puissent supporter leur relevage, c'est-à-dire résister à une traction un peu supérieure au poids d'une longueur de câble égale à la hauteur de la mer. Le revêtement en fer des câbles doit par suite varier avec la profondeur des eaux dans lesquelles on se propose de les immerger : dans les grands fonds, cette armature doit être relativement légère; dans les petits fonds elle doit, au contraire, être très forte pour lui permettre de résister aux causes qui ont été énumérées plus haut et quelquefois obliger même les câbles à s'enfoncer par leur propre poids dans la vase ou le sable, où ils se conservent parfaitement, à moins qu'ils n'y rencontrent quelque agent chimique attaquant le fer.

L'armature en fer des câbles de *mer profonde* est généralement formée de fils de 2 à 3 millimètres de diamètre, enroulés en hélice à long pas et jointifs, de manière à donner extérieurement au câble l'apparence d'un cordage en fer. Les fils de fer se trouvant arc-boutés les uns contre les autres, forment une gaîne qui ne peut diminuer de diamètre et résiste, comme ferait un tube solide, à l'écrasement, aussi bien qu'aux tractions longitudinales. L'âme ne supporte donc aucune pression nuisible et on s'en assure facilement en dépouillant de son armature métallique un bout du câble qui a été retiré de grandes profondeurs : on constate que ni l'âme, ni l'enveloppe de chanvre ne présentent aucune trace des pressions considérables auxquelles le câble y a été soumis. Le petit allongement que l'on observe dans certains cas est simplement dû à une diminution du diamètre total du câble, provenant d'un emboîtement plus complet des fils de fer les uns dans les autres. Une détorsion, même partielle, des spires produirait, il est vrai, un effet semblable; mais l'allongement provenant de cette cause ne paraît pas atteindre, dans les câbles, un demi-mètre par mille marin [1].

Un fil de fer, recuit, de bonne qualité, soumis à une traction croissante, doit s'allonger de 18 pour cent de sa longueur et ne se rompre que sous une charge d'environ 40 kilogrammes par millimètre carré. La densité du fer étant de 7,79, un mille de fil de fer d'un millimètre carré de section pèse dans l'air environ 14,4 kilogrammes et dans l'eau 12,6 kilogrammes ; suspendu verticalement dans l'eau, ce fil ne doit se briser, sous son propre poids, que lorsqu'il en supporte une longueur de 40/12,6 ou 3,1 milles. En pratique, il est prudent de ne pas soumettre le fer à un effort supérieur au tiers de celui qui détermine sa rupture. La résistance à la traction d'un câble étant sensiblement égale à la somme des résistances des divers fils de fer de son armature, on voit qu'un câble armé de fer ordinaire ne doit pas être immergé par des fonds supérieurs à 1,3 mille. Aussi, substitue-t-on généralement au fer ordinaire du fer légèrement aciéré et galvanisé dit *fer homogène*. Pour les grandes profondeurs, on emploie des fils d'acier mieux trempés encore et dont la résistance à la rupture peut atteindre jusqu'à 120 kilogrammes par millimètre carré.

Le fer, même galvanisé, est attaqué par l'eau de mer, surtout lorsqu'il repose sur un terrain contenant des sulfures solubles : des fils assez gros sont alors rongés en peu de temps et effilés en aiguilles à leur extrémité ; la gutta reste intacte et maintient la communication, mais le câble se brise si on en tente le relevage. Des actions chimiques d'une autre nature viennent encore altérer le fer et donnent aux fils qui ont longtemps séjourné dans la mer un aspect fibreux caractéristique. Pour obvier à ces inconvénients, on a d'abord recouvert chaque fil de fer individuellement de chanvre goudronné et on a obtenu ainsi des câbles dont la résistance à la rupture était supérieure à la somme des résistances du métal et du chanvre considérés séparément. On a expliqué ce résultat assez inattendu en remarquant que les points faibles d'un fil de fer et ceux du chanvre qui l'entoure ne coïncident pas, en général, de telle sorte que la résistance du fil enveloppé est la somme des résistances moyennes du fil de fer et du chanvre; tandis qu'en les soumettant isolément à une traction, chacune de ces matières casse à son point faible, et par suite ne résiste qu'à une traction inférieure à la résistance moyenne de ses diverses parties. Mais le chanvre exposé ainsi sans défense aux attaques des animaux sous-ma-

[1] Fleeming-Jenkin, *Cantor lectures on submarine Telegraphy, 1866*.

rins, est bientôt rongé, au moins par places, et se décompose, en outre, au contact du fer rouillé. Les fils de l'armature n'étant plus jointifs, les insectes destructeurs de la gutta arrivent facilement jusqu'à l'âme, et le câble, dépourvu de toute consistance, ne peut plus être relevé. On a songé à protéger les fils de fer de l'armature à l'aide soit de gomme laque, soit de glu marine [1], soit de caoutchouc, ou même de gutta-percha. Dans le câble atlantique de 1880, chaque fil de fer est entouré d'un mélange de gutta-percha et de composition Chatterton et le tout est recouvert d'un ruban imprégné de stéarine.

L'armature des câbles de grands fonds ne doit jamais comprendre moins de 9 fils de fer, pour que le câble soit suffisamment flexible, ni plus de 18, pour que le diamètre de ces fils ne devienne pas trop faible ; 12 à 15 fils de 2 millimètres environ de diamètre donnent généralement un câble bien conditionné.

Pour les câbles intermédiaires ou d'atterrissement, on emploie suivant les cas, du fer homogène ou du fer de qualité extra-supérieure, dit *best-best*. Ce fer doit être parfaitement recuit, très doux, et pouvoir se replier, après avoir été galvanisé, plusieurs fois sur lui-même avant de se rompre.

L'armature des câbles d'atterrissement est composée de gros fils de fer qui peuvent avoir jusqu'à 1 centimètre de diamètre, ou, ce qui donne des câbles beaucoup plus flexibles, de torons formés de trois fils de 5 à 6 millimètres de diamètre chacun, cordés ensemble.

Souvent aussi on forme le câble d'atterrissement d'une ligne sous-marine, en recouvrant une longueur convenable de câble de mer profonde ou intermédiaire d'une seconde gaîne de fils de fer : les deux armatures sont séparées l'une de l'autre par une couche de chanvre.

Les fils de fer ou d'acier destinés à constituer l'armature métallique des câbles sous-marins sont soumis à des essais mécaniques de traction et de torsion, à l'aide desquels on s'assure que ces fils possèdent une ductilité suffisante pour pouvoir se plier facilement et s'allonger sans se rompre jusqu'à une certaine limite, dans le cas où ils auraient à supporter accidentellement une forte traction.

[1] La glu marine est un mélange de 1 partie de caoutchouc, dissous ou ramolli dans l'huile de naphte minérale et de 2 parties de gomme laque.

a. Essais à la traction des fils de fer

Le fil à essayer (fig. 78) est enroulé sur deux poulies A et B comprises entre deux montants et placées à un mètre de distance l'une de l'autre : il est fixé sur les gorges de ces poulies à l'aide de deux pièces à écrou *a* et *b*. L'axe de la poulie A porte, dans une direction perpendiculaire à sa longueur, un double bras de levier CD terminé à l'une de ses extrémités par un couteau D auquel on accroche un plateau P destiné à recevoir des poids. Le couteau D se trouve à une distance de l'axe de rotation telle que l'action des poids est décuplée. Un crochet E placé à une distance moitié moindre porte également un plateau que l'on charge de poids dont l'action n'est conséquemment multipliée que par 5. Le bras de levier CD passe entre deux autres montants qui font partie du bâtis de l'appareil et qui limitent sa course entre les points F et G ; un repère indique sa position d'équilibre. L'axe de la poulie B est porté par un patin en forme de fer à cheval mobile le long des deux premiers montants : on le fait glisser dans les deux sens, à l'aide d'une manivelle H agissant, par l'intermédiaire d'engrenages (fig. 79), sur une tige IK (fig. 80), dont l'extrémité filetée pénètre dans la base du fer à cheval. Le patin porte en outre une tige en cuivre qui est guidée dans son mouvement vertical par l'anneau L : un index M mobile le long d'une règle ON, graduée en centimètres et fixée au bâtis, glisse à frottement doux sur la tige.

Pour faire une épreuve, on tourne la manivelle H jusqu'à ce que le fil à essayer soit légèrement tendu : on ramène l'index M en regard du zéro de l'échelle ON et l'on ajoute successivement des poids sur les plateaux, en ayant soin de peser constamment sur la manivelle, de manière à maintenir le levier CD en regard du repère qui marque sa position d'équilibre. Si P et *p* représentent les poids placés sur les deux plateaux au moment où se produit la rupture du fil, la charge limite que celui-ci peut porter est $10\,P + 5\,p$.

L'allongement pour 100 du fil est représenté directement par le nombre de centimètres marqués par le curseur M au moment de la rupture.

Cet appareil a l'inconvénient de ne pas permettre une application graduelle et progressive de la force qui doit déterminer la rupture du fil de fer : sir W. Thomson en a imaginé un qui ne peut donner lieu à la même objection. Un disque

en bois ABC (fig. 81) de 2,5 millimètres d'épaisseur et de 90 centimètres de diamètre environ est solidement fixé à deux règles horizontales DE et FG. Un second disque en bois HI, semblable au

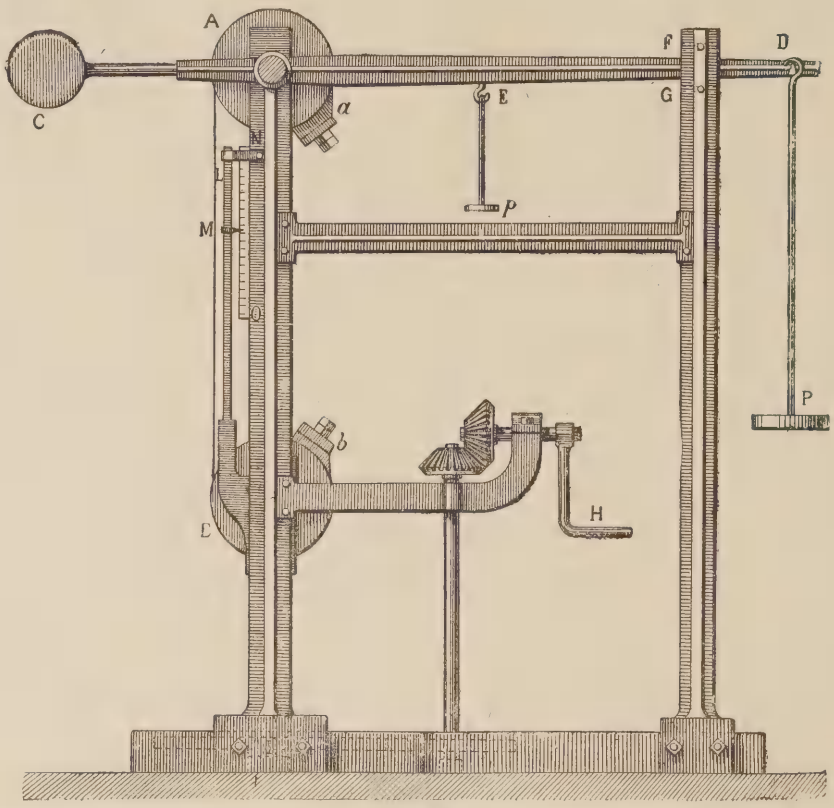


Fig. 78

premier, est supporté par trois barres métalliques KH, KJ et KL ; une bande de caoutchouc sépare les deux disques ABC et HI. Un tube de verre MN, ouvert à ses deux extrémités, traverse le

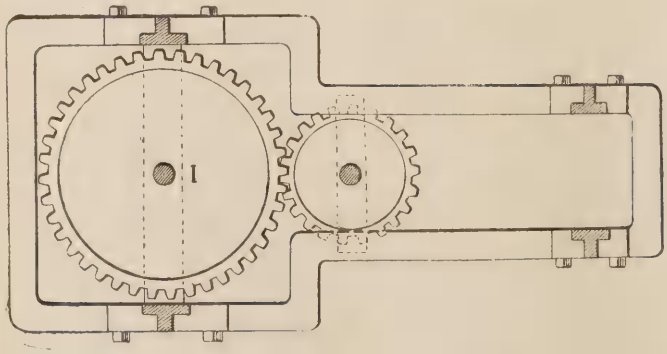


Fig. 79

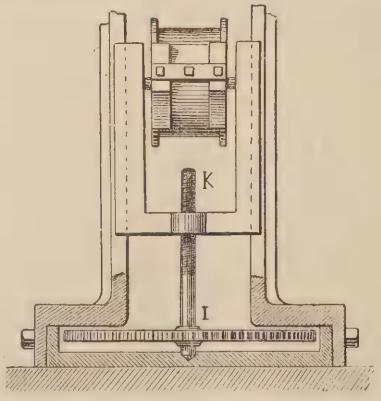


Fig. 80

disque ABC auquel il est solidement attaché, et porte un petit renflement à sa partie inférieure. Le fil à essayer RQ est placé entre deux pinces dont l'une Q est reliée au point de jonction K, des trois barres KH, KJ et KL, et l'autre R à une vis munie d'une manivelle P et tournant dans un écrou qui traverse le bâtis de l'appareil. L'intervalle des deux disques étant rempli d'eau, si l'on

tourne la manivelle P, de façon à élever le point K, l'eau sera comprimée entre les deux disques et montera par suite dans le tube en verre. Le produit de la hauteur de l'eau dans le tube, au moment de la rupture, par la surface du disque HI, donnera la mesure de la traction qui a déterminé la rupture du fil RQ. Le disque inférieur HI tombe sur un support placé sous l'appareil, de manière à éviter l'étirement de la bande de caoutchouc.

Le renflement que présente à sa partie inférieure le tube en verre est destiné à recevoir l'eau qui s'échappe de l'intervalle compris entre les

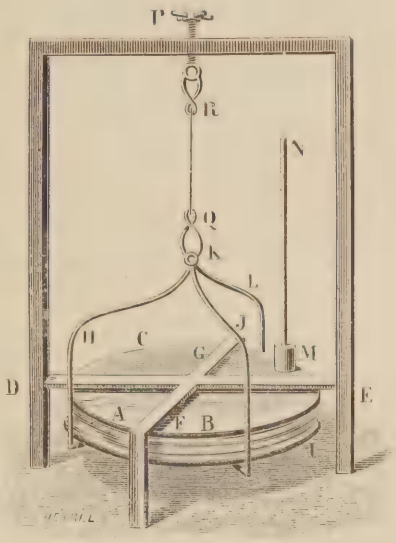


Fig. 81

deux disques, dans les premiers instants qui suivent le commencement d'une épreuve. De cette manière, l'eau ne peut s'élever dans le tube et la pression ne commence à s'exercer sur le fil que lorsque le disque inférieur HI a déjà été soulevé d'une quantité appréciable et qu'aucun de ses points ne peut, conséquemment, plus être soutenu par le support.

Pour mesurer l'allongement du fil RQ, on attache à l'une de ses extrémités une petite échelle le long de laquelle se déplace un index fixé à l'autre extrémité. Cette méthode est plus précise que celle qui consiste à mesurer, avant et après l'allongement, la distance des deux pinces qui portent le fil, celui-ci pouvant glisser dans les mâchoires.

La longueur du fil soumis à l'essai est de 25 centimètres : c'est à ce point de vue seul que l'appareil de sir W. Thomson laisse à désirer. Les couronnes de fil ne peuvent, en effet, être fabriquées avec une homogénéité parfaite; on obtient par suite des résultats variables, en opérant sur de très petites longueurs de fil qui, prises en divers points d'une même couronne, peuvent être de qualités différentes. Les essais, pour être parfaitement concluants, devraient porter sur des pièces

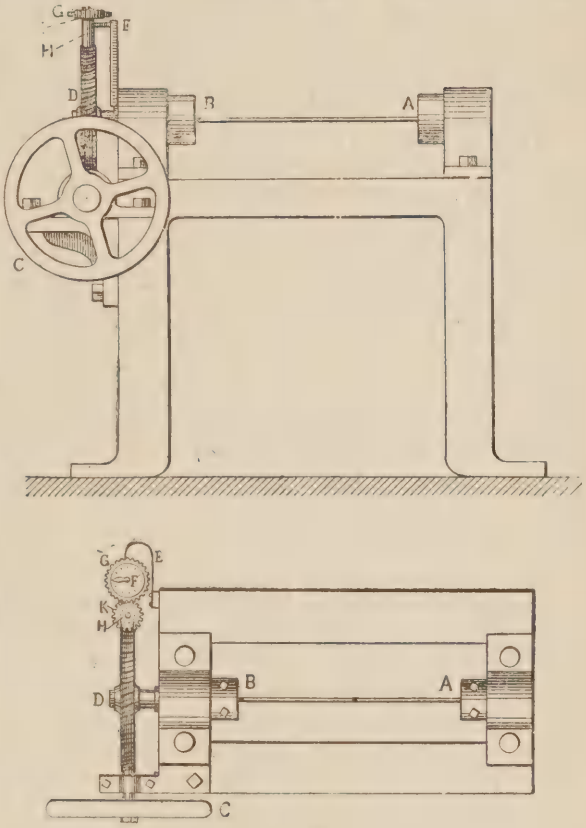


Fig. 82

de 100 mètres de longueur. On n'obtient d'ailleurs de résultats comparables, qu'en soumettant toujours *pendant le même temps* les fils à la traction. On a remarqué, en effet, que l'allongement qu'ils prennent avant de casser, varie en raison inverse du temps pendant lequel l'essai a duré : la chaleur développée par un allongement rapide, recuit sans doute un peu le fer et lui permet de s'allonger plus aisément.

b. — Essais à la torsion des fils de fer

Le fil à essayer est saisi entre deux pièces A, B (fig. 82) semblables à celles qui, dans un tour, fixent

l'objet à travailler. Elles se composent (fig. 83) de deux mâchoires mobiles dans des coulisses et commandées par des écrous ; ces mâchoires, lorsqu'elles sont réunies, présentent une section carrée, afin d'empêcher tout mouvement de rotation du fil qui se trouve ainsi solidement étreint. La pièce A est fixe, la pièce B est mobile autour de son axe qui porte une roue dentée D engrenant avec une vis sans fin terminée par un volant C que l'on manœuvre à la main.

Le compteur est formé d'un ressort E fixé au massif de l'appareil et portant :

1° Une aiguille F horizontale et de position invariable ;

2° Un disque G dont les dents sont numérotées et engrènent avec un second disque K.

Ce dernier est monté sur le même axe qu'une

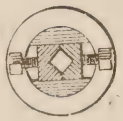


Fig. 83

seconde vis sans fin H, qui engrène, comme la première, avec la roue D.

Le fil étant en place, on écarte un moment le ressort E de sa position normale pour ramener la dent zéro de la roue G en regard de l'aiguille F. On agit alors sur le volant C jusqu'à ce que le fil se rompe. Le nombre des dents des roues d'engrenage étant tel que pour un tour complet de la roue D, le disque G tourne de l'intervalle angulaire compris entre n de ses dents, on voit qu'il suffit de lire le numéro N de la dent qui se trouve en regard de l'index F, au moment de la rupture du fil, pour connaître le nombre N/n de tours de torsion que celui-ci a subis. Quelquefois on se borne à tracer, avec un pinceau imbibé de couleur, une ligne droite sur le fil de fer entre deux points de repère, avant le commencement de l'essai, et on compte ensuite le nombre de tours faits par cette ligne. La longueur du fil sur lequel on opère est ordinairement de 25 centimètres.

La chaleur développée dans un fil de fer par la torsion est bien moins considérable que celle due à une traction, les fibres extérieures du cylindre se trouvant seules déplacées violemment dans le premier cas. Aussi les résultats des essais à la torsion dépendent, dans une bien moindre proportion que précédemment, du temps durant lequel ils ont lieu.

Les meilleures qualités de fer au bois supportent mieux les essais à la torsion que ceux à la traction. Ainsi trois fils de fer de 15 centimètres de long et de 5 millimètres de diamètre environ ont donné les résultats suivants :

	Allongement pour cent.	Nombre de tours de torsion
Fil de fer ordinaire.....	17,4	12
Fil de fer au bois.....	17,0	18
Fil de fer homogène.....	17,6	13

Le déplacement des fibres d'un fil de fer sou-

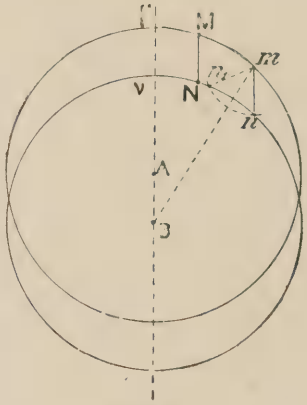


Fig. 84

mis à une torsion augmentant proportionnellement à la distance de ces fibres à l'axe, les nombres des tours de torsion que des fils de même qualité peuvent supporter doivent être sensiblement en raison inverse des diamètres des fils.

Un autre essai qui donne une mesure très précise de la ductilité d'un fil, consiste à compter le nombre de fois qu'on peut le plier et le replier à angle droit sur un cylindre de même diamètre. Malheureusement, l'essai ne porte que sur une longueur de fil extrêmement courte, et sa qualité peut être très différente à des distances même très rapprochées de la partie que l'on expérimente.

Au point de vue de la galvanisation, on exige ordinairement que le fil puisse supporter, sans que le fer ou l'acier soit mis à nu, même partiellement, quatre immersions successives d'une minute chacune, dans une dissolution de sulfate

de cuivre faite dans cinq fois son poids d'eau.

La table [1] ci-dessous indique les qualités des fils de fer qui ont été employés pour la construction de quelques câbles sous-marins.

Moyennes d'un grand nombre d'essais faits de 1878 à 1882, par MM. Clark, Forde et Cie sur des fils de fer destinés à l'armature de câbles sous-marins

Noms des fabricants	Nature des fils	Diamètre du fil en millimètres	Poids à la rupture en kilogram. par millimètre carré	Allongement pour cent	Torsion nombre de tours dans un sens	Torsion nombre de tours dans l'autre sens	Désignation des câbles
»	fer galvanisé	5,08	51	18,3	3	0	Second câble d'Australie
Felten et Guillaume	fer homogène galvanisé	2,54	101	7,1	3	3	idem.
»	idem.	2,54	123	5,7	3	2 1/2	Est et sud de l'Afrique
Johnson et Neveu	idem.	2,49	130	5,1	3	2 1/2	Hongkong et Manille
Felten et Guillaume	idem.	2,51	117	5,5	3	3	idem.
idem.	idem.	2,51	90	4,9	3	3	idem.
idem.	fer galvanisé	5,08	48	18,1	3	0	idem.
Johnson et Neveu	idem.	5,03	47	19	3	0	idem.
Felten et Guillaume	fer homogène galvanisé	2,49	102	5,2	3	3	Atlantique, 1880
G. F. Rogers	idem.	2,54	91	3	3	3	idem.
Johnson et Neveu	idem.	2,49	129	4,9	3	3	idem.
Fox et Cie	idem.	2,54	86	3,5	3	3	idem.
Felten et Guillaume	acier galvanisé	2,51	150	5,7	3	2	idem.
idem.	fer galvanisé	5,08	49	14,5	3	0	Placentia Sydney, 1880
Johnson et Neveu	idem.	5,00	48	18,5	3	0	idem.
idem.	idem.	4,19	46	17,8	3	0	idem.
Hill et Cie	idem.	4,06	44	18	3	0	idem.
Felten et Guillaume	idem.	4,29	49	15,7	3	0	idem.
idem.	idem.	6,10	48	18	3	[illegible]	Placentia Sydney, 1880
idem.	idem.	5,11	47	16,5	3	1	Greetseil Valentia, 1882

c. — *Machinerie*

L'enroulement des fils de fer ou d'acier sur l'âme recouverte de chanvre se fait, en principe, à peu près de la même manière que le revêtement en chanvre de l'âme même. Le câble traverse un axe creux qui porte un plateau sur lequel se trouvent des bobines chargées de fils de fer. Ces fils rejoignent le câble à une certaine distance du plateau en formant pour ainsi dire les génératrices d'un cône assez allongé. Le câble se trouvant d'une part sollicité à s'avancer en ligne droite dans la direction de son axe, et le plateau recevant d'autre part, d'un arbre de couche, un mouvement de rotation sur lui-même, les fils s'appliquent sur le matelas de chanvre de l'âme, suivant une hélice dont le pas dépend des vitesses relatives des deux mouvements.

Si la machine fonctionnait toutefois dans des conditions aussi simples, le fil de fer de chaque bobine serait tordu de 360° à chaque rotation du plateau et par suite ne tarderait pas à se rompre

[1] J. Munro and A. Jamieson's Rules and tables 1885.

Cette torsion se produit, il est vrai, dans les machines à chanvre, mais n'y donne lieu à aucun inconvénient sérieux ; on a soin d'ailleurs, en prévision de cet effet, de tordre aussi peu que possible lorsqu'on le file, le chanvre ou le jute destiné à cet usage. Mais des dispositions spéciales ont dû être prises pour éviter absolument toute torsion des fils dans les machines à recouvrir de fer. La solution de ce problème repose sur quelques considérations géométriques très simples :

Imaginons qu'une circonférence (fig. 84) tourne autour d'un axe passant par son centre A, et qu'une seconde circonférence d'un rayon égal à celui de la première, ait son centre B situé sur la verticale de A ; imaginons encore que les deux circonférences soient reliées l'une à l'autre par une série de tiges rigides, parallèles entre elles et à la ligne des centres AB. Il est aisé de reconnaître que, si la seconde circonférence ne peut prendre qu'un mouvement de rotation autour de son centre, les différentes tiges conserveront toujours leur position relative initiale. L'extrémité M de l'une quelconque MN de ces tiges venant en effe en *m*, par suite de la rotation de la circonfé-

rence A, la seconde extrémité N ne pourra occuper que l'une ou l'autre des deux positions n et n_1, obtenues en décrivant, du point m comme centre avec MN comme rayon, un arc de cercle prolongé jusqu'à ses deux instersections avec la circonférence B. Or, $m\,n$ est parallèle à MN, car si l'on fait glisser la seconde circon férence parallèlement à elle-même, de manière à ce que son centre

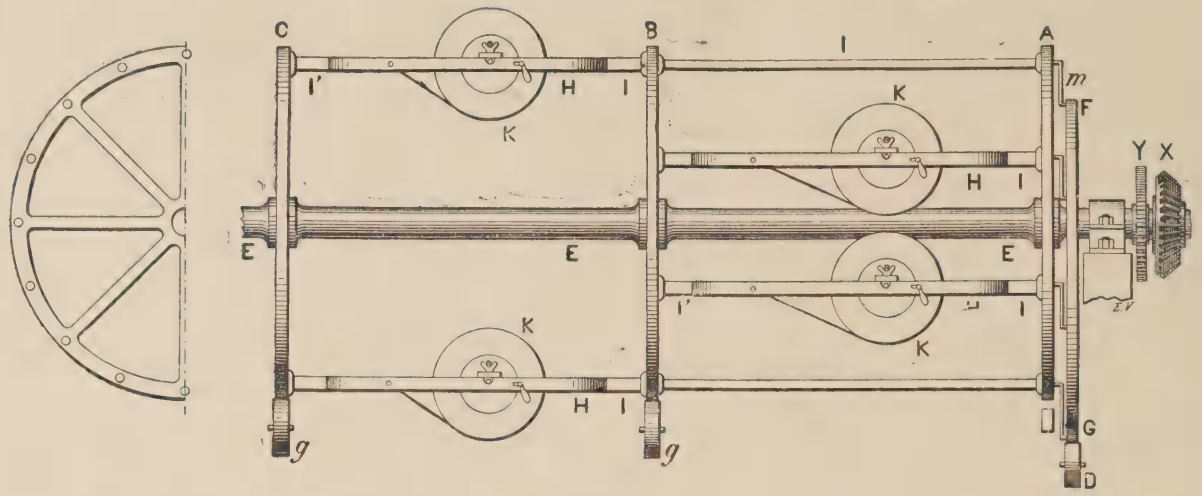


Fig. 85

vienne en A, elle recouvrira exactement la première, et tous ses points auront décrit des chemins égaux et parallèles. En outre, mn est la seule po-

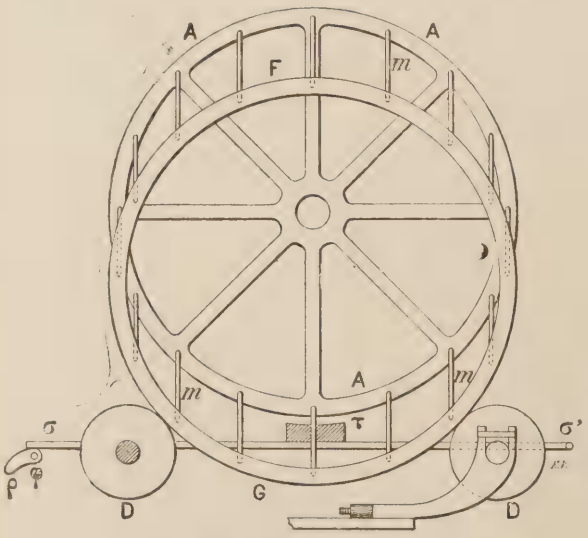


Fig. 86

sition que puisse prendre la tige MN, car les points n et n_1 étant symétriques par rapport à la ligne B m, il serait impossible de passer brusquement de l'une de ces positions à l'autre, à moins que la tige MN n'occupât la position $\mu\nu$, et qu'elle ne fût toute seule. La présence simultanée de plusieurs de ces tiges détermine donc la conservation de leur parallélisme originaire.

α. *Câbles de grands fonds*

L'arbre creux E E (fig. 85) à l'intérieur duquel chemine l'âme recouverte de chanvre, porte trois

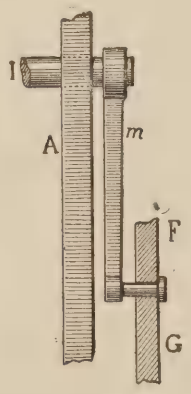


Fig. 87

roues A, B, C qui tournent avec lui. Sur la première de ces roues A, sont montées seize tiges de manivelles m (fig. 86) toutes verticales égales entre elles, qui relient la roue A à un grand anneau F G ; le centre de cet anneau se trouve sur la même verticale que celui de la roue A et est

maintenu dans cette position par deux galets D sur lesquels l'anneau roule. Seize cadres rectangulaires en fer H, dont les plans sont horizontaux, sont placés moitié entre les roues A et B, moitié entre les roues B et C. Ces cadres sont soutenus, au milieu de leurs petits côtés, par des

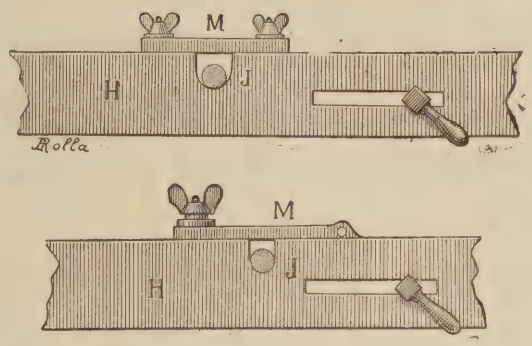


Fig.

tiges également horizontales I I′ en deux pièces formant le prolongement les unes des autres. Toutes ces tiges sont fixées, par l'une de leurs extrémités, aux têtes des manivelles *m* (fig. 87), et traversent dans des ouvertures ménagées à cet effet, les roues A et B ; les huit premières s'arrêtent à la roue B, les huit dernières à la roue C. Dans les cadres se placent les bobines K chargées de fils de fer ; chacune d'elles est traversée par un axe J qui repose par ses deux extrémités dans des coussinets placés sur les grands côtés du cadre ; les axes J sont donc horizontaux et les joues des bobines verticales. Les axes J sont maintenus en place par une pièce en fer M (fig. 88) fixée au cadre par deux boulons ou par une charnière et un boulon.

Lorsqu'une couronne de fil est épuisée, on lève la pièce M, on retire la bobine vide et on la remplace par une bobine pleine, à l'aide d'une grue : les bouts des fils des bobines sont soudés à une forge volante établie sous la machine. Cette opération nécessite chaque fois l'arrêt de toute la machinerie. Un petit frein *d* (fig. 89) monté sur les bobines permet de laisser le fil se dérouler avec la

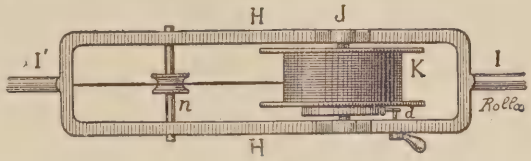


Fig. 89

tension voulue. Les fils de fer, après avoir quitté les bobines, sont guidés sur de petites poulies *n*, passent à l'intérieur des tiges I′ qui sont creuses et arrivent à l'appareil de torsion.

Pour éviter de trop charger l'axe creux EE, les deux roues B et C roulent chacune sur une paire

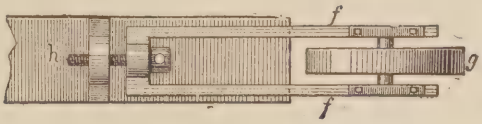


Fig. 90

de galets *g*. Les roues et les galets s'usant très rapidement par suite de leur frottement réciproque et devant toujours être maintenus en contact, les axes des galets, au lieu d'être fixes, sont portés par une fourchette *f* (fig. 90) que l'on peut avancer ou reculer à l'aide d'une vis *h* tournant dans un écrou fixé au bâtis de la machine. L'usure du premier galet que les roues rencontrent à partir de leur point le plus bas, est généralement beaucoup plus rapide que celle de l'autre.

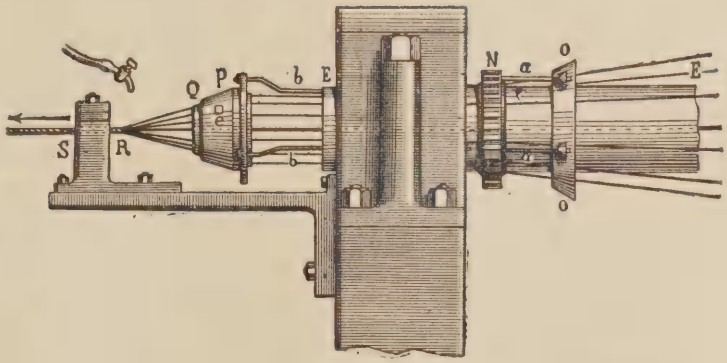


Fig. 91

La torsion des fils de fer autour de l'âme se fait à l'extrémité opposée de la machine. Le bout de l'arbre creux EE (fig. 91) est soutenu par un palier L en avant duquel l'arbre porte une roue dentée N percée de trous destinés à livrer passage aux fils de fer : trois tiges *a* fixées à cette roue soutiennent un anneau *o* (fig. 92) à l'intérieur duquel glissent les fils. A leur sortie de la roue N,

ceux-ci se logent dans des rainures longitudinales qui sont pratiquées dans la masse de l'arbre creux EE, à la traversée du palier L. Une pièce tronc-

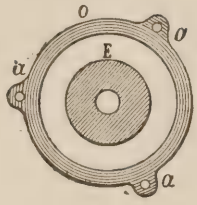


Fig. 92

conique creuse P (fig. 93) fixée à l'extrémité de l'arbre creux E par trois tiges *b*, renferme, engagée à frottement très dur, et maintenue en place par un

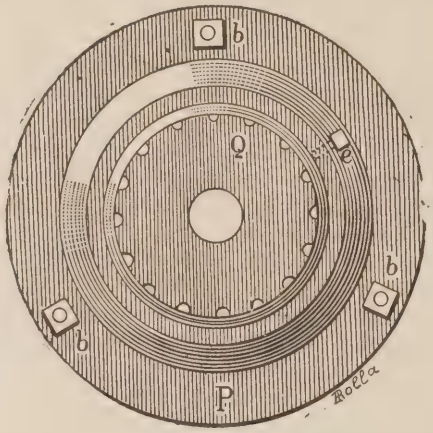


Fig. 93

boulon *e*, une autre pièce tronc-conique pleine Q (fig. 94) portant à sa surface des rainures héliçoïdales. Les fils de fer, préparés par ces rainures

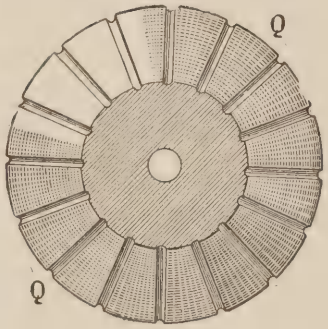


Fig. 94

à prendre la forme définitive qu'ils auront sur le câble, se réunissent un peu plus loin autour de l'âme en un point R où un tuyau d'eau entretient une humidité permanente.

Le toupin S dans lequel passe le câble, immédiatement en arrière du point R, est destiné à rendre les fils de fer de l'armature bien jointifs. Il est formé quelquefois, comme celui des machines

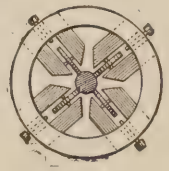


Fig. 95

à chanvre, d'un collier en fer d'un diamètre intérieur égal à celui du câble et divisé en deux par-

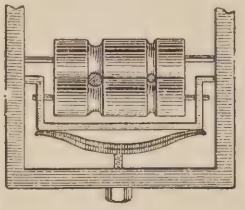


Fig. 96

ties entre lesquelles on interpose des plaques de caoutchouc et que l'on boulonne l'une sur l'autre.

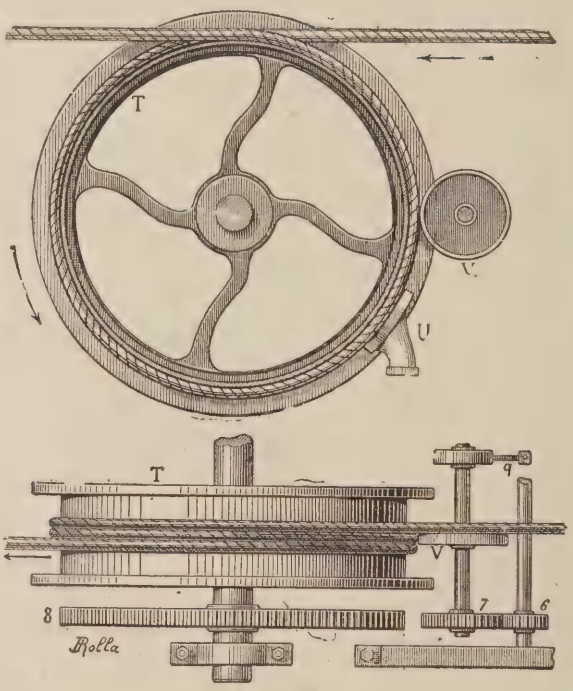


Fig. 97

D'autres fois, le toupin se compose (fig. 95) de quatre galets qui sont placés dans un même plan vertical perpendiculaire à la longueur du câble et qui roulent à sa surface; la position des axes qui les supportent est réglée dans chaque cas particu-

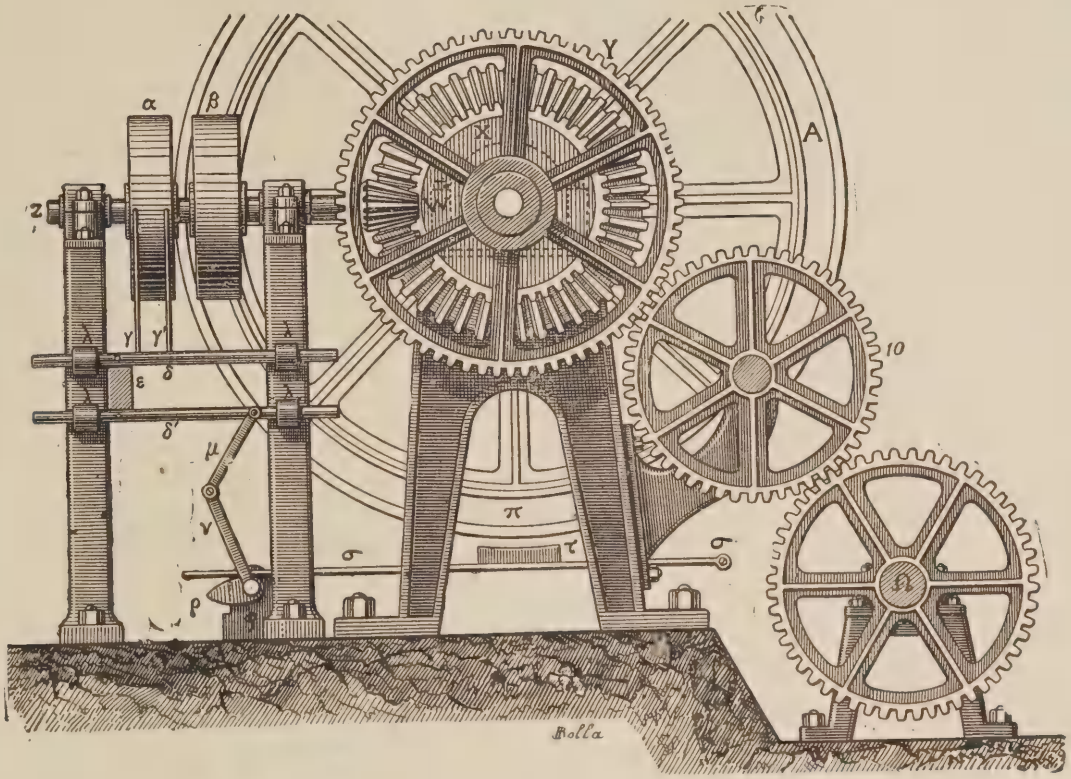


Fig. 99

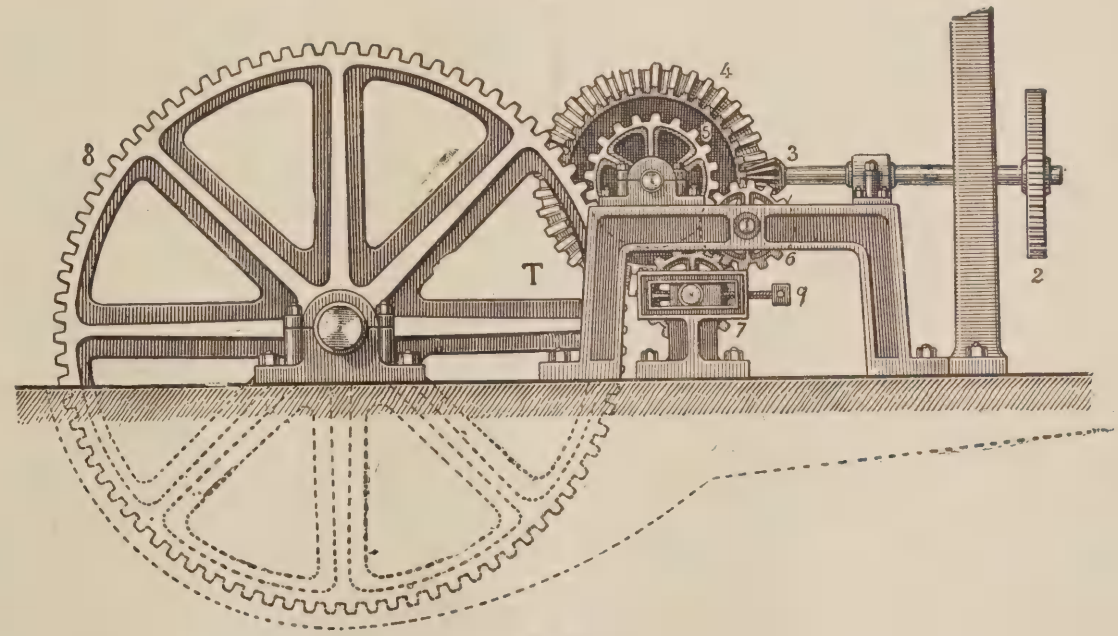


Fig. 101

lier, d'après le diamètre du câble. D'autres fois encore, on se sert de deux rouleaux horizontaux sur chacun desquels est creusée une gorge demi-circulaire (fig. 96) ; l'axe du rouleau supérieur est mobile dans deux rainures verticales fixes et est pressé contre le rouleau inférieur par un fort ressort.

Au sortir du toupin, le câble s'enroule trois fois autour d'un grand tambour T (fig. 97) qui reçoit un mouvement de rotation de l'arbre E, ainsi que nous le verrons un peu plus bas, et qui détermine l'appel du câble à travers toute la machinerie. Une pièce en acier très dur U, à laquelle sa forme effilée a fait donner le nom de *couteau*, s'appuie sur l'un des bords du tambour et en repousse constamment les tours de câble déjà enroulés, de manière à faire place au câble arrivant.

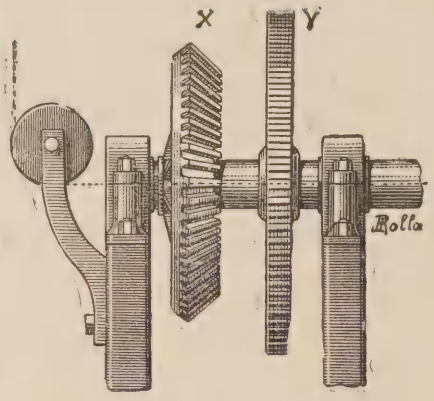


Fig. 98

Une poulie V, que la machine fait également tourner, presse en outre le second tour de câble contre le tambour, avec une force que l'on peut faire varier à volonté, en déplaçant légèrement son axe au moyen de la vis *q*.

La commande des diverses parties de la machine se fait à l'aide de la roue N (fig. 91) et de deux autres roues dentées X et Y montées sur l'arbre creux EE près de la roue FG (fig. 85, entre deux paliers (fig. 98). La roue d'angle X (fig 99) engrène avec les dents du cône W dont l'axe Z, perpendiculaire à l'arbre E, porte deux poulies, l'une α calée et l'autre β folle. Une courroie sans fin qui reçoit son mouvement d'un arbre de couche, s'enroule autour de la poulie α et passe entre deux tiges γ' montées sur un système de deux tringles horizontales $\delta\,\delta'$ mobiles dans les coulisses λ, et rendues solidaires par la pièce ε. En manœuvrant à la main, dans un sens ou dans l'autre, l'ensemble de ces deux tringles, on fait passer la courroie sur la poulie folle et on arrête le mouvement de la machine, ou inversement. La tringle δ' a pour but de faire agir simultanément un frein sur la roue A, de manière à faire perdre rapidement à la machine sa vitesse acquise. A cet effet, deux leviers articulés μ et ν, sont reliés à la tringle δ' et à un axe φ (fig. 86) qui porte une came ρ, laquelle soulève un levier $\sigma\sigma'$, lorsque l'arbre φ est tourné dans le sens convenable par le déplacement même des deux tringles δ et δ'. Le levier $\sigma\,\sigma'$ mobile autour d'uu point fixe σ', porte un sabot en bois τ qui vient frotter contre la tranche π de la roue A,

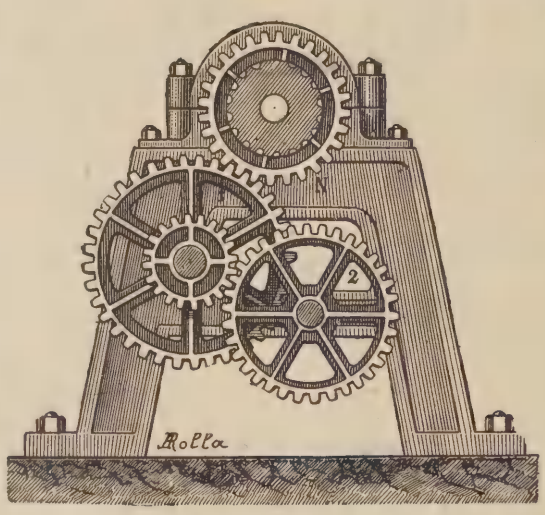


Fig 100

dès que l'action du moteur ne se fait plus sentir sur la machine et en détermine ainsi rapidement l'arrêt complet.

La roue dentée N (fig. 100) par l'intermédiaire d'un système d'engrenages numérotés de 1 à 5 (fig. 100 et 101) fait tourner la roue 8 montée sur le même axe que le tambour : la roue 5 engrène en outre avec la roue 6 qui conduit la roue 7, laquelle est montée sur l'axe de la poulie V (fig. 97).

La roue Y enfin (fig. 99) actionne deux roues 10 et 11 ; l'axe Ω de cette dernière règne tout le long de la machine et commande, ainsi que nous le verrons plus loin, les appareils d'enroulement des bandes de toile et ceux d'entraînement du câble qui précèdent immédiatement la cuve dans laquelle il doit être lové.

Le mouvement de progression du câble est ainsi rendu complètement solidaire de la rotation

de l'axe E et par suite de celle des roues A, B et C Cette solidarité est essentielle pour éviter, d'une part, que les fils de fer puissent s'enrouler sur l'âme sans que celle-ci avançât, d'où résulterait un bourrelet de fer sur le câble et, d'autre part, que l'âme puisse avancer sans que la machine tournât; ce qui aurait pour effet d'appliquer les fils de fer en long sur l'âme.

Sur l'axe du tambour T est disposé, en outre, un compteur qui n'est pas figuré sur les dessins pour ne pas les compliquer, et qui est destiné à donner la longueur de câble fabriquée. Il convient de remarquer cependant que les indications de cet instrument ne sont pas très précises, le tambour tournant très souvent un peu sans entraîner le câble retenu en arrière par les fils de fer. Les nombres donnés par le compteur sont ainsi toujours trop forts.

E. WUNSCHENDORFF

(A suivre.)

SUR LE

COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION

DE

DEUX BOBINES RÉUNIES EN QUANTITÉ [1]

Dans un précédent article [2], nous nous sommes occupé d'une solution particulière de cette question; nous avons traité le cas où les deux bobines réunies en quantité forment l'une des branches d'un pont de Wheatstone, et où l'on mesure le coefficient de self-induction de ce système, par la quantité d'électricité fournie par l'extra-courant.

Nous avons vu que les deux extra-courants, d'établissement et de rupture, donnent la même impulsion à l'équipage mobile du galvanomètre, et que cette impulsion est sensiblement la même, lorsqu'on remplace les deux bobines réunies en quantité, par une bobine unique, ayant pour résistance, la résistance réduite des deux bobines et pour coefficient de self-induction, l'expression

$$L = \frac{R_2^2 L_1 + R_1^2 L_2}{(R_1 + R_2)^2} \qquad (1)$$

L_1, L_2 et R_1, R_2 étant les coefficients de self-inductions et les résistances des deux bobines.

Nous avons fait remarquer, en outre, que si les deux bobines sont telles que le rapport des coefficients de self-induction est égal au rapport des résistances, c'est-à-dire lorsqu'on a :

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2} \qquad (2)$$

on peut remplacer dans tous les cas les deux bobines réunies en quantité par une bobine unique, ayant pour coefficient de self-induction la valeur

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \qquad (3)$$

Il restait à voir jusqu'à quel point la relation (1) se trouve vérifiée lorsqu'au lieu de se restreindre aux extra-courants de rupture et d'établissement, on se place dans le cas plus général d'un courant variable, avec le temps, tel que le courant alternatif.

La théorie que nous avons développée dans l'article précité, indique que, dans ce cas, on ne peut plus remplacer les deux bobines par une bobine unique, puisque les deux valeurs L et R, qui seraient le coefficient de self-induction et la résistance de cette bobine unique, doivent satisfaire simultanément aux trois conditions

$$\begin{aligned} &L_1 L_2 + L(L_1 + L_2) = 0 \\ &R_1 L_2 + R_2 L_1 - (R_1 + R_2) L - (L_1 + L_2) R = 0 \qquad (4) \\ &R_1 R_2 + R(R_1 + R_2) = 0 \end{aligned}$$

Ceci n'est possible que lorsque la condition particulière (2) est satisfaite, et dans ce cas, la valeur de L est donnée par l'équation (3).

Nous avons fait remarquer, en outre, que la valeur particulière de L donnée par l'équation (1), s'obtient en prenant les deux dernières des équations (4). On peut faire observer à cet effet que, dans le cas particulier où l'on considère une bobine avec self-induction réunie en quantité avec un fil sans self-induction, la formule (3) ne donne plus aucun résultat, puisque on aurait $L = 0$, (puisque $L_2 = 0$), ce qui est en contradiction directe avec l'expérience.

---

(1) Ce travail a été fait au laboratoire des recherches (physiques) de la Sorbonne, en collaboration avec M. G. Maneuvrier.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, t. XXV, p. 251.

Pour voir ce qui arrive, lorsqu'au lieu des extra-courants on emploie des courants alternatifs, nous avons placé les deux bobines α et β réunies en quantité dans la branche A D d'un pont de Wheatstone (fig. 1), et dans la branche AB, nous avons placé une autre bobine de résistance et de coefficient de self-induction tels, que l'équilibre existe en même temps pour le courant continu et pour les extra-courants de rupture et d'établissement. Les résistances l et l' des autres branches du pont sont sans self-induction.

Lorsqu'on réalisera le cas particulier $l = l'$,

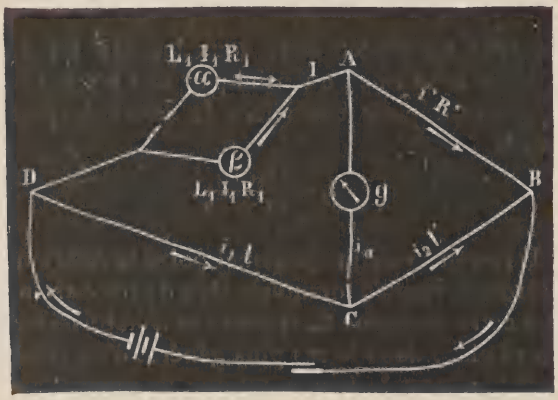


Fig. 1

on aura pour la résistance de la bobine A B, l'expression

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

tandis que le coefficient de self-induction sera donné par l'équation (1).

Lorsque cette condition $l = l'$ n'est pas remplie, on peut réaliser les deux équilibres pour le courant continu et pour le courant de rupture par un arrangement convenable des résistances.

Supposons, par exemple, que l'on place dans la branche A D une bobine unique ayant pour constantes L et R, et dans la branche A B une autre bobine unique ayant pour constantes L′ et R′, on sait que les deux équilibres seront réalisés, lorsqu'on aura

$$\frac{L}{R} = \frac{L'}{R'} = \frac{l}{l'}$$

l et l' étant supposés sans self-induction, et les résistances R et R′ comprenant, en outre, des résistances propres aux bobines, les résistances qu'on est obligé d'y ajouter pour réaliser les conditions d'équilibre.

Ceci est la méthode de comparaison de deux coefficients de self-induction proposée par Maxwell et etudiée par Brillouin [1].

Lorsque les quatre branches contiendront des bobines avec self-induction, on aura obtenu l'équilibre, si L_1 R_1, L_2 R_2 étant les constantes, on a réalisé les deux conditions

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \qquad \frac{L_1}{R_1} - \frac{L_3}{R_3} = \frac{L_2}{R_2} - \frac{L_4}{R_4}$$

Pour nos expériences, nous nous sommes placé autant que possible dans le cas, où les deux branches D C et C B ne renfermaient pas de self-

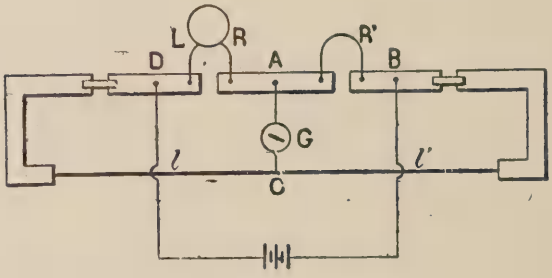


Fig. 2

induction et avaient, en outre, des résistances égales.

Voici comment nous nous y sommes pris pour réaliser alors les conditions d'équilibre.

Le pont était employé sous la forme de pont à fil divisé (fig. 2); les deux bobines réunies en quantité étaient attachées entre D A, et la manette C était placée au milieu du fil divisé. Puis entre A B on attachait une bobine de fil de cuivre assez gros, de même diamètre ou d'un diamètre légèrement supérieur aux bobines en A D et on réglait la longueur du fil de telle façon que l'équilibre pour le courant permanent soit obtenu. A cet effet, on employait en G un galvanomètre apériodique Deprez-d'Arsonval avec échelle transparente.

Dans certaines conditions, il est nécessaire d'augmenter la résistance des branches D C et C B.

Pour cela on intercale, dans les espaces réservés à cet effet, (à gauche de la lettre D et à droite

[1] Brillouin, *Comparaison des coefficients d'induction* p. 65.

de B sur la figure), des fils rectilignes repliés sur eux-mêmes. Le coefficient de self-induction de ces fils n'est pas rigoureusement nul, mais il est très faible, et l'effet est négligeable, d'autant plus qu'ils sont situés symétriquement par rapport au point C. Pour disposer d'une certaine longueur, on tendait ces fils, depuis la table d'expériences jusqu'au plafond.

Lorsque le fil de la bobine en R′ est enroulé de façon à réaliser approximativement les conditions d'une bobine dont le coefficient de self-induction est maximum, le coefficient de self-induction de cette bobine sera presque toujours supérieur au coefficient de self-induction de l'ensemble des bobines placées en D A. Pour voir facilement lequel des coefficients est le plus fort, il suffit d'introduire dans l'une des bobines un petit noyau de fer doux; dans les conditions ordinaires où nous nous sommes placé, on constate que l'impulsion augmente lorsqu'on introduit ce noyau dans la bobine en A B, tandis qu'elle diminue ou change de sens, lorsqu'on l'introduit dans l'une des bobines en D A.

Le coefficient de self-induction de la bobine A B était donc supérieur à celui du système en D A. On arrive facilement à les égaliser, ou plutôt à annuler l'impulsion de l'équipage mobile du galvanomètre, sans déranger pour cela l'équilibre sous l'influence du courant permanent.

Il suffit de dérouler quelques tours de fils de la bobine en A B et au besoin de les enrouler en sens inverse.

On arrive ainsi après quelques tatonnements à réaliser les conditions d'équilibre que nous avons en vue : équilibre pour le courant continu et équilibre pour les extra-courants.

Les choses étant ainsi disposées, il est facile de voir que l'équilibre ne persiste plus, lorsqu'à l'extra-courant d'établissement ou de rupture on substitue un régime différent.

Intercalons, par exemple, dans le circuit de la pile et dans celui du galvanomètre, l'interrupteur tournant [1] dont nous nous sommes servi dans nos précédentes expériences.

On verra que, sauf dans quelques cas exceptionnels, dont nous parlerons plus loin, l'équilibre ne persiste plus. Bien plus, on peut, en arrangeant convenablement la bobine en A B, réaliser de nouveau l'équilibre pour une certaine allure de l'interrupteur tournant, et cela sans charger la résistance de la bobine ; il suffit, avons-nous dit, de dérouler ou d'enrouler quelques spires sur cette bobine.

On constate alors, qu'après l'arrêt complet de l'interrupteur tournant, l'équilibre pour les extra-courants n'existe plus. Cet équilibre est encore rompu, lorsqu'on donne une vitesse différente à l'interrupteur tournant.

Nous pouvons déjà conclure de ces faits que l'équilibre obtenu dans ces conditions est un équilibre particulier aux extra-courants d'établissement et de rupture et que, dans le cas général, l'équation (1) ne doit plus s'appliquer. Ici donc l'expérience vérifierait pleinement les conclusions de la théorie, savoir : qu'il n'est pas possible de remplacer au point de vue de la self-induction deux bobines réunies en quantité par une bobine unique.

Voyons maintenant ce qui arrive lorsque, au lieu de prendre un courant continu, on se sert du courant alternatif.

Ces courants alternatifs nous étaient fournis par la machine Gramme auto-excitatrice actionnée par une machine à vapeur. Nous avions substitué au moteur à gaz une machine à vapeur, pour amener une plus grande régularité dans la marche. Avec le moteur à gaz (système Otto à un seul cylindre) on constate, en effet, une différence de vitesse assez considérable, tandis qu'avec la vapeur la vitesse est absolument constante, comme on peut s'en convaincre assez facilement en intercalant dans le circuit un électromètre aux bornes d'une résistance donnée.

Nous nous sommes servi, en outre, fréquemment, d'un transformateur pour régler convenablement l'intensité du courant alternatif. Le nombre d'alternances était avec la vitesse normale du moteur de 180 par seconde.

On évitait, en outre, toute différence dans les effets d'échauffement, en se plaçant dans des conditions telles que l'intensité du courant alternatif fut égale à l'intensité du courant continu. Pour constater cette égalité, il suffit d'intercaler un électro-dynamomètre Siemens dans le circuit.

Nous avons omis de dire que, dans les expériences précédentes, nous remplacions le galvanomètre Deprez-d'Arsonval par un galvanomètre balistique très sensible, observé à l'aide d'une lunette, chaque fois que le galvanomètre apério-

[1] Voir *La Lumière Électrique*, t. XXIV, p. 155.

dique nous indiquait que l'équilibre était à peu près réalisé.

Arrivons maintenant à l'appareil qui doit remplacer le galvanomètre dans les expériences avec le courant alternatif.

Nous nous sommes servi, à cet effet, d'un électro-dynamomètre Giltay [1] (genre Bellati) [2] dont les figures 3 et 4 donnent les détails de construction. Cet appareil, on le sait, consiste en un fais-

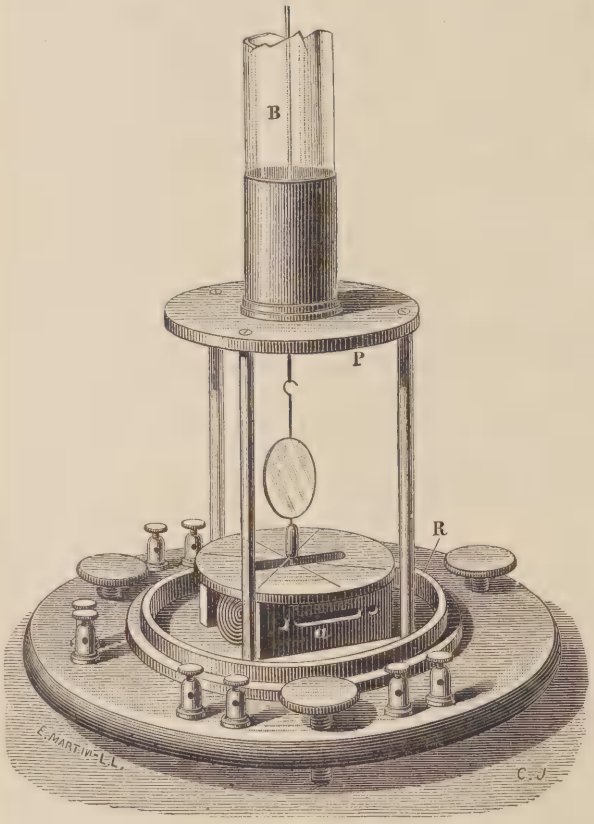


Fig. 3

ceau de fil de fer très doux, suspendu à l'aide d'une suspension bifilaire, à l'intérieur d'une bobine plate, comme celle employée dans le galvanomètre Nobili.

On arrange la suspension de telle façon que, lorsque le système est en équilibre, l'axe du faisceau de fil de fer fait un angle de 45° avec l'axe de la bobine.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XVII, p. 25.

(2) Cet appareil nous a été prêté obligeamment par M. Raynaud, directeur de l'École supérieure de télégraphie.

Dans ces conditions, ce faisceau se trouve toujours dévié dans la même direction sous l'influence d'un courant, quel qu'en soit le sens; donc, il y a encore déviation sous l'influence du courant alternatif. Bien que l'emploi de cet appareil soit sujet à caution pour la mesure des courants alternatifs, nous croyons cependant qu'on peut s'en servir d'une manière correcte, lorsqu'il s'agit de constater l'absence du courant, c'est-à-dire, lorsqu'on s'en sert dans une méthode de réduction à zéro.

Nous nous sommes servi de cet appareil, parce qu'il constitue, à notre connaissance au moins, l'électrodynamomètre le plus sensible, dont on dispose actuellement.

Voici, donc, ce qu'on constate, lorsque dans la branche DA du pont (fig. 1) on a intercalé deux

Fig. 4

bobines en quantité, et qu'en AB il y a une bobine unique, quand les constantes sont réglées, de telle façon que l'équilibre existe aussi bien pour le courant continu que pour les extra-courants. D'abord on voyait que l'appareil restait au zéro (on observait la déviation à l'aide d'une échelle transparente pour l'équilibre permanent, sous l'influence d'un courant continu, mais on obtenait une forte déviation sitôt qu'on remplaçait dans le dispositif précédemment décrit la source du courant par un courant alternatif.

Pour constater que ce défaut d'équilibre tenait bien réellement à la self-induction, nous avions fait préalablement quelques expériences de vérification. Ainsi, nous avons placé dans les deux branches DA et AB des bobines uniques, dont la résistance et le coefficient de self-induction étaient réglés de telle façon que l'équilibre existait, soit pour l'état permanent de courant, soit pour les extra-courants; on constatait alors que cet équilibre per-

siste encore, lorsqu'à l'aide de l'interrupteur tournant, on multiplie les extra-courants. Puis on remplaçait le galvanomètre par l'électro-dynamomètre en question et le courant continu par le courant alternatif; dans ce cas on constatait que l'équilibre persistait parfaitement, mais qu'il était détruit, aussitôt qu'on introduisait dans l'une des bobines un faible noyau de fer doux.

On voit donc bien, par les expériences précédentes, que conformément à la théorie, il n'est pas possible de remplacer, au point de vue général, deux bobines réunies en quantité par une bobine unique ayant un coefficient de self-induction déterminé.

Toutefois, nous avons observé une exception à cette règle et c'est de cette exception que nous allons nous occuper maintenant.

Nous avons vu que l'équilibre du pont dépend, lorsqu'on emploie un galvanomètre et l'interrupteur tournant, de l'allure de cet interrupteur, c'est-à-dire de la vitesse de rotation ou de succession des courants. Cependant, lorsque l'extra-courant est très faible, on constate non-seulement que l'équilibre existe pour n'importe quelle allure de l'interrupteur, mais encore, lorsqu'on emploie des courants alternatifs avec l'électro-dynamomètre comme instrument de mesure.

Voici comment on peut expliquer, d'après nous, cette exception à la règle générale.

Considérons le temps nécessaire pour que le courant s'établisse dans la bobine jusqu'à $\frac{1}{n}$ de sa valeur finale. La formule, on le sait, qui s'applique à ce cas, est

$$t = \frac{L}{R} \log \text{nep}\, n$$

t étant le temps en secondes
L et R le coefficient de self-induction et la résistance de la bobine [1]. On peut exprimer ces deux quantités soit en unités absolues C.G.S., soit en unités pratiques. Comme le rapport $\frac{L}{R}$ a la dimension d'un temps, le résultat est le même.

Considérons, par exemple, les bobines dont nous nous sommes occupé dans notre dernier article [2].

Dans un cas, nous avons trouvé pour la première bobine

$$L_1 = 0{,}00051 \times 10^9 \text{ c. m.}$$
$$R_1 = 0{,}094 \text{ ohm}$$

et pour l'autre bobine

$$L_2 = 0{,}000150 \times 10^9 \text{ c. m.}$$
$$R_2 = 1{,}00 \text{ ohm}$$

En calculant la durée d'établissement du courant jusqu'au centième de sa valeur finale, on trouve pour la première bobine 1/400 de seconde et pour la seconde moins de 1/1000 de seconde. Comme la vitesse de notre interrupteur tournant ne dépassait pas 50 tours par seconde, le courant avait parfaitement le temps de s'établir jusqu'à sa valeur finale; ceci avait également lieu pour l'autre bobine.

Pour des courants alternatifs ayant 180 alternances par seconde, on arrive encore au même résultat, au moins d'une manière approchée.

Considérons, au contraire, une des autres bobines dont les constantes sont:

$$L = 0{,}0359 \times 10^9 \text{ c. m.}$$
$$R = 2{,}39 \text{ ohms}$$

On trouve que, dans ce cas, la durée d'établissement du courant jusqu'au centième de sa valeur finale est supérieure à 1/10 de seconde. Dans ce cas, le courant est loin de pouvoir atteindre sa valeur finale à chaque renversement.

Les expériences semblent donc démontrer que lorsque la durée d'établissement du courant est petite par rapport aux interruptions ou aux renversements de courants, la valeur tirée de la formule (1), s'appliquerait encore, car c'est à l'aide de cette valeur qu'on réalise les conditions d'équilibre pour les extra-courants de rupture et d'établissement.

L'ensemble des expériences réalisées dans notre dernier article et dans ce qui précède, nous conduit donc aux conclusions suivantes:

1° Dans le cas général, on ne peut pas compenser, au point de vue de la self-induction, le système de deux bobines réunies en quantité par une bobine unique, et par suite, un pareil système n'a pas de coefficient de self-induction, dans l'acceptation propre du mot.

(1) Mascart et Joubert, *Leçons d'Électricité*, t. I.
(2) *La Lumière Électrique*, t. XXV, p. 255 et 256.

2° Lorsque les deux bobines satisfont à l'équation de condition

$$\frac{L_1}{R_1} = \frac{L_2}{R_2}$$

on peut remplacer les deux bobines réunies en quantité par une bobine unique, ayant pour constante les valeurs

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \qquad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

3° Lorsqu'on se place dans les conditions particulières de la mesure des coefficients de self-induction à l'aide du dispositif du pont de Wheatston, et qu'on mesure ces coefficients par les extracourants de rupture et d'établissement, le système de deux bobines réunies en quantité est équivalent à une bobine unique, ayant pour coefficient de self-induction l'expression

$$L = \frac{R_2^2 L_1 + R_1^2 L_2}{(R_1 + R_2)^2}$$

4° Lorsque les deux bobines réunies en quantité sont telles que le temps nécessaire pour que le courant établisse, à une petite fraction de sa valeur finale près, est petit par rapport à la durée d'une interruption ou d'une alternance, on peut encore les remplacer par une bobine unique, dont le coefficient de self-induction a pour expression la valeur donnée au numéro précédent.

P.-H. Ledeboer

LES

CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES

A PETITE SECTION

Nous possédons à Paris une ligne de tramway circulaire à voie étroite, très fréquentée par le public. C'est celle de la Porte Maillot au Jardin zoologique d'Acclimatation, traversant une partie fort pittoresque du Bois de Boulogne. La traction est faite par chevaux. Un petit cheval remorque généralement deux, quelquefois trois voitures avec leur charge complète de passagers.

Pendant la belle saison, le mouvement continuel des voitures circulantes donne une animation toute particulière à cette région du bois.

Les véhicules sont littéralement pris d'assaut tant à l'aller qc'au retour. la distance entre les deux points terminus n'est pas cependant considérable ; ce n'est, certes, pas cette seule considération qui a provoqué la grande vogue dont a joui ce chemin de fer, dès son début, près du public visiteur du bois et de ses dépendances.

Pour l'explication complète du succès, il faut aller retrouver la cause, dans l'attrait d'une nouveauté aussi intéressante qu'utile. Aussi bien, les promoteurs du système ont eu la sagacité de l'adapter, dans sa forme comme dans ses convenances, aux besoins de cette propension dominante du public. Élégants petits chevaux, voitures légères de plein air, d'accés facile et ne masquant pas le passage.

Les petites faiblesses humaines deviennent ainsi, une mine riche de profits en faveur de ceux qui savent les caresser et... les exploiter.

Pour bon nombre de personnes, avoir accompli la traversée du Bois de Boulogne en tramcar minuscule équivaut à un voyage de circumnavigation.

Cette douce manie ne peut leur être imputée à crime. Elle milite, au contraire, en faveur de la naïve pureté des mœurs de nos concitoyens et décèle leur vive imagination, aux jours de désœuvrement.

Si l'administration du Jardin zoologique d'Acclimatation a su tirer si beaux profits de cet état d'esprit, elle a, par le fait de ses moyens d'encouragement, pris un engagement moral vis-à-vis de la population.

En même temps qu'elle est tenue d'alimenter la caisse de ses bénéfices, elle doit pourvoir à la soif des jouissances nouvelles de ses clients présents et futurs.

Un moyen tout naturel et immédiat se présente : substituer, sur sa ligne de tramways, la traction électrique à la traction animale. Voilà l'attraction nouvelle toute trouvée, dont le succès sera aussi assuré que celui de la précédente.

Dans le cas où la raison fondamentale rapportée tout à l'heure, ne suffirait pas à motiver péremptoirement nos prévisions, les exemples nous venant de l'étranger serviraient de preuves irréfragables.

A ce propos, nous parlerons succinctement du chemin de fer électrique reliant Münich à une

station de bains située dans un de ses faubourgs, à Schwabing.

C'est un lieu de délices, paraît-il, pour les Münichois.

Indépendamment du bassin de natation, il y a un vaste parc avec fontaines jaillissantes, chutes d'eau, grottes à éclairage polychrome, etc., etc.

Le propriétaire de l'établissement de bains a fait les frais de construction et d'installation de ce chemin de fer où le courant de la machine génératrice emprunte les rails pour se rendre au moteur de la voiture.

Nous puisons ces renseignements dans le numéro 11 du *Centralblatt für Elecktrotechnik*.

La force motrice est fournie par une locomobile. Elle est capable de produire sur la courroie de la machine dynamo une force de 14 chevaux, sous une pression de 6 atmosphères et à une vitesse de 150 révolutions par minute. En service ordinaire, la pression n'excède pas 3 atmosphères

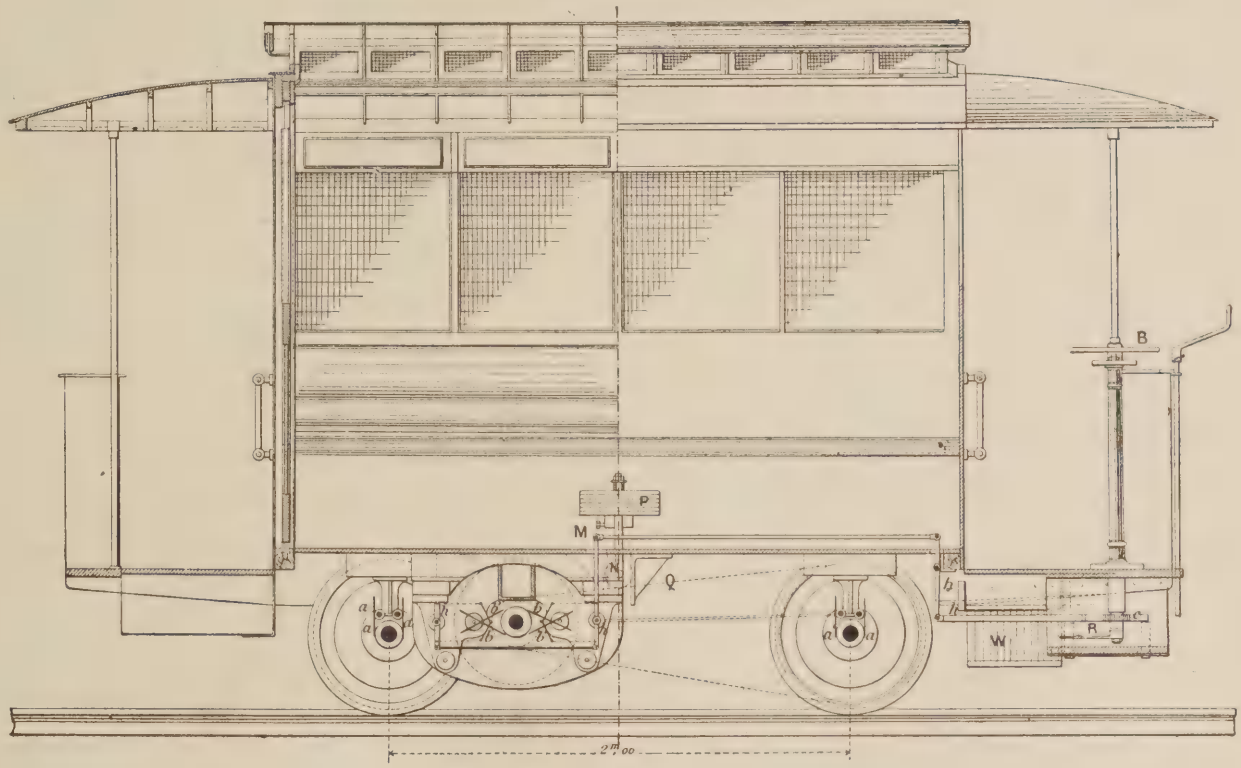


Fig. 1

au moyen de laquelle on transmet environ 8 chevaux à la machine électrique.

Le courant de la machine génératrice partant de la salle des machines est conduit aux deux rails de la voie par deux câbles souterrains.

Une particularité se présente dans le profil longitudinal de cette voie. Les deux sections terminales sont en rampe ; en ces deux endroits il y a interruption de la communication électrique avec les rails de la partie centrale. Les véhicules gravissent les pentes sous l'impulsion de leur force vive, ils y sont maintenus par un frein puissant.

La libération du frein permet aux voitures de se précipiter d'elles-mêmes sur la partie des rails servant de conducteur au courant.

Cette disposition a l'avantage d'appliquer la force vive des véhicules à leur faire atteindre un niveau plus élevé et de diminuer par là leur vitesse avant l'arrêt. Ils circulent ainsi sous l'action du courant et à la vérité très doucement. L'absence de courant pendant cette période et l'inapplication des freins, profitable à tout le restant de l'installation constituent une économie d'énergie.

Le courant n'est consommé que sur la partie horizontale du chemin. De la machine génératrice, il se rend aux rails pour de là passer aux roues motrices. Celles-ci sont isolées sur leurs

essieux de façon à prévenir tout court-circuit par ces derniers ou un passage à travers le châssis de la voiture. Le courant est reçu en *a* et *a'* par des ressorts frotteurs d'où il s'écoule aux balais du moteur.

Il existe deux paires de balais dont l'une s'appuie constamment sur le commutateur pendant que l'autre en est écartée suivant le sens du mouvement qu'on veut imprimer à la réceptrice.

Un régulateur à résistances placé sous la plate-forme permet d'agir sur la vitesse de marche. La résistance totale, se compose d'un grand châssis dans lequel sont insérés à côté les uns des autres des cadres de résistance séparés et facilement remplaçables en cas d'avaries. Le mouvement du levier du régulateur est commandé par un petit volant.

Il existe deux jeux de boutons de contact du régulateur : l'un placé à l'avant, l'autre à l'arrière. Cet arrangement a été adopté parce que le déplacement des balais par le volant à manette se fait en même temps que le changement du sens de la marche de la réceptrice. C'est-à-dire que si le levier de contact du régulateur se meut de C en C', le mouvement transmis à la bielle et au levier *h h* par un secteur denté se trouvant en *e* sur l'axe de rotation, écartera du commutateur les deux balais

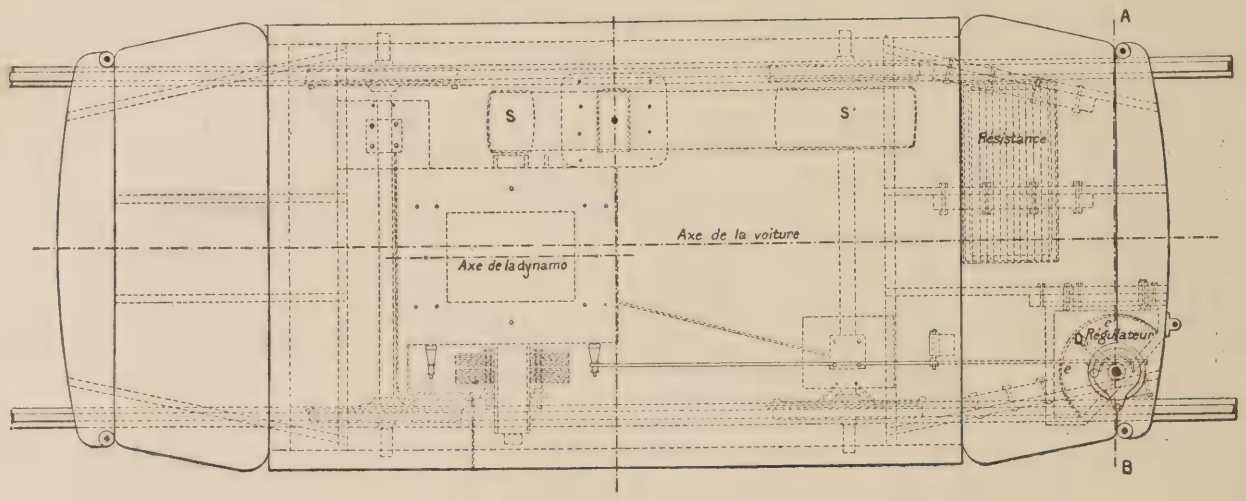


Fig. 2

b' b' pendant que l'autre paire *b b* y sera pressée par la force antagoniste du ressort.

Dans le mouvement inverse du levier de C' vers C, c'est le contraire qui se produit.

La transmission du mouvement de la réceptrice aux essieux de la voiture s'opère par une courroie embrassant la poulie S de la dynamo et la poulie S' calée sur l'un d'eux.

M, désigne un dispositif propre à tendre la courroie. Sous l'effort variable produit par le poids P, le rouleau tendeur N appuie plus ou moins fort sur le brin menant de la courroie.

Cette action a pour effet de réagir sur son adhérence qui est, au surplus, assurée dans les conditions les plus défavorables, par une largeur suffisante de cuir.

L'expérience a prouvé que, parmi les nombreux modes de transmission de mouvement, l'application de la courroie est celui qui fait entendre le moins de bruits fatiguants en même temps qu'il rend la propulsion plus douce.

La vitesse de déplacement varie naturellement suivant la force employée.

En service normal, la distance totale d'environ 750 mètres est parcourue en 2,5 minutes, soit à une vitesse de 4,8 mètres par seconde ; pendant les essais, elle s'est élevée jusqu'à 12 mètres, la voiture ayant un chargement de 42 personnes.

Dans le premier cas, la dynamo système Schükert marchait à raison de 22 ampères et 215 volts, elle fournissait donc une force de 5 chevaux ; dans le cas du maximum de vitesse, elle donnait 38 ampères et 220 volts ou 9 chevaux.

La locomobile fournissait, pour chacune de ces vitesses, respectivement 7,5 et 14 chevaux.

Cette installation électrique, quoique réalisée

dans des conditions modestes et sur une échelle réduite, n'en présente pas moins un très grand intérêt.

Les aspirations vers de nouveaux modes de traction des véhicules s'accentuent davantage.

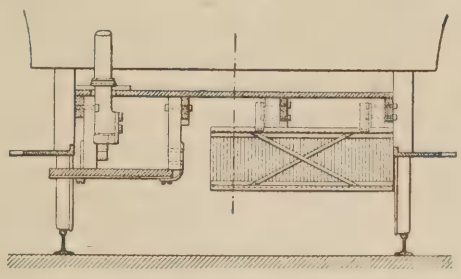


Fig. 3. — Coupe suivant A B

D'ores et déjà, la traction électrique, tant pour le transport des personnes que pour le remorquage des fardeaux est acclimatée et s'il y a lieu de s'étonner d'une chose, c'est de ne pas la voir adoptée dans une foule de circonstances où son succès est d'avance assuré.

E. Dieudonné

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Système d'appel par courant continu dans les réseaux téléphoniques, par W. Oesterreich.

Nous avons décrit récemment [1] un système d'appel par courant continu, employé dans l'administration des télégraphes d'Allemagne pour les postes télégraphiques desservis à l'aide d'appareils téléphoniques. Nous voulons donner maintenant la description du système d'appel par courant continu, imaginé gar M. Oesterreich et employé déjà dans quelques réseaux téléphoniques dépendant de l'administration allemande.

La figure 1 donne la disposition générale du système. La batterie de la station centrale B est reliée, d'une part, à la terre, et d'autre part, à la lame de terre E du tableau central. Dans chaque poste d'abonné A, B, on intercale sur le circ uite la sonnerie S, une résistance auxiliaire R en graphite, de manière que la résistance de chaque circuit d'abonné soit la même, de 5000 ohms par exemple.

En temps ordinaire, il circule donc, dans chaque électro-aimant d'annonciateur du tableau

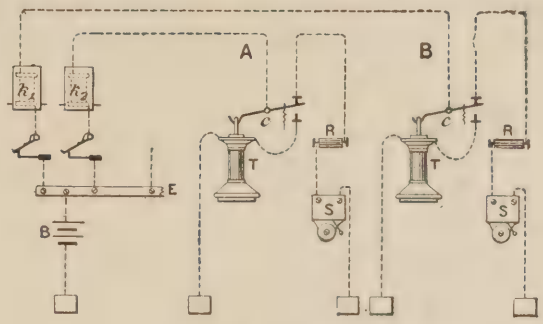


Fig. 1

central, un courant très faible ; si la station A décroche son téléphone T, la résistance R et la sonnerie S sont mises hors-circuit, en sorte que la ligne de cet abonné ne renferme plus que le téléphone ; l'intensité du courant continu qui circule dans l'annonciateur K_1 de l'abonné A, devient alors très grande, et suffit pour l'actionner.

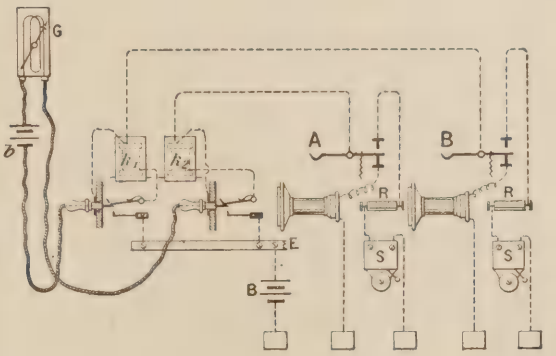


Fig. 2

L'appel des abonnés par la station centrale, se fait à l'aide d'une batterie assez forte pour surmonter les résistances auxiliaires en graphites intercalées dans le circuit de chaque abonné, ou à l'aide d'une petite machine magnéto-électrique assez puissante.

Le signal de fin de conversation entre les deux abonnés A et B (fig. 2) est donné à l'aide du galvanoscope G, qui est inséré ainsi qu'une pile spé-

[1] Voir *La Lumière Électrique*, vol, XXIV, p. 28.

ciale *b*, dans le circuit des deux cordons reliant les extrémités des deux lignes A et B ; la présence de la pile *b* dans le circuit des deux abonnés n'a pas d'influence nuisible sur la conversation ; le courant continu qu'elle produit ne sert qu'à augmenter l'aimantation des téléphones. La sensibilité de ce galvanoscope est telle que son aiguille revient au zéro, dès que l'un des abonnés a suspendu son téléphone ; on est ainsi assuré que les signaux de fin de conversation sont donnés régulièrement.

On peut modifier à volonté ces commutateurs suivant le but particulier que l'on veut atteindre. La figure 3 donne, par exemple, la disposition adoptée pour relier pendant la nuit, d'une façon permanente, deux postes en communication avec la station centrale.

Chaque poste est muni, à cet effet, d'un commutateur C et d'une clef. Le soir, l'employé de la station centrale relie les deux abonnés en intercalant dans le circuit, suivant les cas, une batterie de 8 à 12 éléments et leur galvanoscope. Le courant passe d'une manière continue à travers le contact d'arrêt *r* de l'armature de la sonnerie S ; si l'on abaisse la clef, le courant passe alors par la branche *a*, le butoir *r*, les électro-

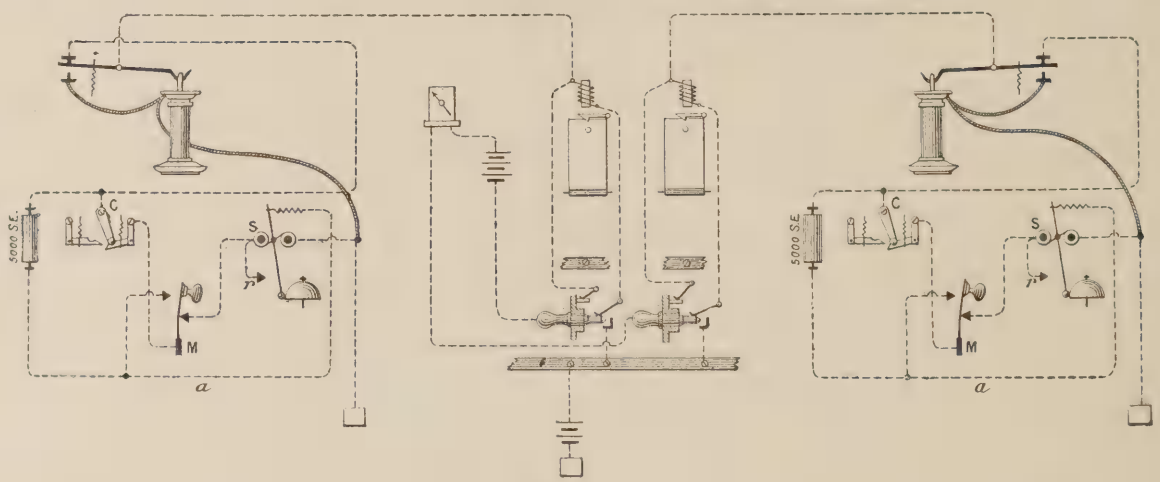


Fig. 2

aimants de S et la terre ; l'armature est alors attirée et interrompt le circuit en *r*, ce qui actionne ainsi la sonnerie.

Les avantages de cette disposition, quelque compliquée qu'elle paraisse être, consistent non-seulement dans une économie notable d'installation et d'entretien des piles, mais aussi, dans une facilité d'exploitation beaucoup plus grande. On reconnaît alors facilement depuis la station centrale la nature d'un dérangement et le nombre de ceux-ci est ainsi considérablement diminué.

A. P.

Détermination de la conductibilité électrique des fils métalliques, par M. Mialaret (1).

La consommation des fils de cuivre de haute conductibilité augmentant de jour en jour par suite des applications, de plus en plus nombreuses, de l'électricité, le fabricant, comme le constructeur, est amené à chaque instant à déterminer la conductibilité d'un fil. — On appelle *conductibilite spécifique*, ou simplement *conductibilité d'un fil metallique*, le rapport de cette conductibilité à celle du métal pur choisi comme étalon (2).

Supposons qu'il s'agisse d'un fil de cuivre. Désignons par R*a* la résistance électrique du kilomètre de ce fil à O°, et par R*e* celle du fil de cuivre pur de mêmes dimensions (c'est-à-dire de même longueur et de même diamètre) à la même température : la conductibilité C, définie plus haut, est donnée par la relation :

$$C = \frac{R\,e}{R\,a} \text{ (rapport inverse des résistances)}$$

(1) Mémoire présenté à la société internationale des électriciens.

(2) Le lecteur n'oubliera pas qu'il s'agit ici des mesures électriques appliquées à la *télégraphie* ; partout ailleurs, la

Pour déterminer Ra, on mesure par la méthode du pont de Wheatstone, par exemple, la résistance R d'une longueur l du fil à essayer dont on a déterminé le plus exactement possible le diamètre moyen d. Si t est la température de l'expérience, on a les relations :

$$R\,a = \frac{R'\,a}{1 + 0{,}0039\,t}$$

et

$$R'\,a = \frac{1000\,R}{l}$$

Evaluons maintenant Re.

Si la boîte de résistances dont on a fait usage est graduée en ohms légaux, sachant que le kilomètre de cuivre pur, de 1 millimètre de diamètre, a une résistance de 20,3 (1) (ohms légaux, étalon du Ministère des Postes et Télégraphes), on en déduit que

$$R\,e = \frac{20{,}337 \text{ ohms}}{d^2}$$

Si la boîte de résistances était étalonnée en ohms ordinaires, Re serait :

$$\frac{20{,}57 \text{ ohms}}{d^2}$$

On a donc tous les éléments pour calculer la conductibilité cherchée.

Certains auteurs, Kempe notamment (*Traité des Mesures électriques*, p. 429, traduction de H. Berger), déterminent la conductibilité d'un fil d'une autre façon, et c'est sur ce point que nous voulons insister.

En principe, on mesure la résistance At d'une longueur l du fil à essayer, dont on détermine le poids v ; ce qui donne pour Ao :

$$A\,o = \frac{A\,t}{1 + 0{,}0039\,t}$$

On connait, d'autre part, la résistance d'un kilomètre de fil de cuivre pur pesant 1 kilogramme à la température de 0°. On en déduit, par une simple proportion, la résistance d'une longueur l de fil pesant p grammes à 0°.

Le rapport inverse de ces résistances dpnne la conductibilité.

conductibilité spécifique se définit comme l'inverse de la résistance d'un cube de 1 centimètre de côté du corps considéré.

(1) D'après une rectification parue postérieurement, le nombre correct serait : 20,3429.

Le raisonnement précédent admet implicitement que tous les fils de cuivre ont la même densité. Il y a lieu de remarquer que les quantités l et p ne sont pas indépendantes l'une de l'autre.

Le fil de 1 kilomètre de long et qui pèse un kilog. à 0°, a une densité parfaitement déterminée. Ce procédé ne s'applique donc qu'aux cuivres ayant la même densité que le cuivre pris pour étalon.

Or, il est certain que le degré d'écrouissage et le recuit modifient considérablement le poids spécifique du métal, et il n'est pas rare de trouver des fils de cuivre, même dans les qualités inférieures (Rosette ordinaire), dont la densité dépasse 9, alors que celle du cuivre pur est de 8,87.

Les fils de *haute conductibilité*, récemment introduits dans l'industrie, doivent leur faible résistance précisément à leur grande densité qui leur est donnée par un procécé tenu secret.

La méthode de Kempe, qui déduit le diamètre moyen du poids, doit donc donner des résultats trop faibles.

Des essais faits sur des fils de haute conductibilité, provenant des Boulonneries de Bogny (Ardennes), nous ont donné les résultats suivants :

Données des expériences	1er Échant.	2e Échant.	3e Échant.
t Température de l'essai....	13°7	13°8	13°8
r Résistance mesurée (ohms légaux).....	0.6051	9.330	7.835
l Longueur du fil essayé....	114^m04	113^m39	25^m31
p Poids de la longueur l.....	$3^{kg}1431$	$0^{kg}2027$	$0^{kg}01197$
d Diamètre moyen (30 mesures).....	$1^m/_m986$	$0^m/_m494$	$0^m/_m25$
ε Écart moyen dans la mesure des diamètres.....	$0^m/_m004$	$0^m/_m0016$	Négligeable
δ Densité du fil $\frac{4\,p}{\pi\,d^2\,l}$.....	8.897	9.32	9.6
Conductibilité rapportée au diamètre.....	102.4	106.7	110.8
Conductibilité rapportée au poids (étalon de Matthiessen).....	101.7	101.2	101.6

On peut se rendre compte, en examinant le tableau ci-dessus, des différences trouvées pour la couductibilité, quand on emploie l'une ou l'autre méthode de calcul indiquée plus haut. Ces écarts ne peuvent provenir de l'erreur faite en mesurant le diamètre, puisque les deux résultats diffèrent d'autant plus que les densités sont elles-mêmes plus différentes de la densité du cuivre étalon (8,878).

Il est rationnel d'admettre, comme définition de la conductibilité, le rapport inverse des résistances mesurées à une même température du fil à essayer et du fil de métal pur pris comme étalon de *mêmes dimensions*, c'est-à-dire de même longueur et de même diamètre et non de même poids.

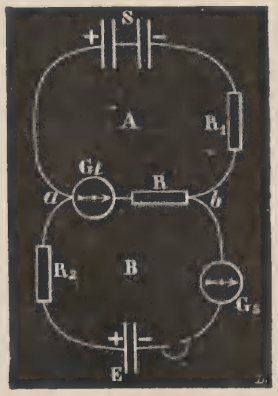
On fera disparaître de la sorte les divergences trouvées par les différents constructeurs dans les mesures de conductibilité des mêmes fils. L'habitude de rapporter la conductibilité à la longueur et au poids a été introduite en France par les Anglais qui, dans la construction des câbles sous-marins, imposent un poids déterminé au conducteur métallique par mille marin.

On peut dire, il est vrai, que les fils de cuivre étant vendus au poids, il est plus logique de rapporter la conductibilité au poids qu'au diamètre.

A cette objection, plutôt commerciale que scientifique, nous répondrons que, dans toutes les applications de l'électricité, le constructeur a intérêt à avoir un fil d'un diamètre déterminé ayant la plus grande conductibilité possible.

Nouvelle méthode de graduation des galvanomètres, par O. Grotrian. (1).

L'auteur a fait usage, pour graduer un galvanomètre, d'une dispositiou qui ne paraît pas encore avoir été décrite et qui offre une certaine analogie avec la méthode de compensation de Poggendorf.



Le galvanomètre à graduer G_1 et un rhéostat R font partie de deux circuits A et B. Le premier se compose d'une pile S et d'une résistance variable R_1, le second d'une pile constante E, d'un galvanoscope sensible G_2 et d'une seconde résistance R_2 ; les piles sont disposées de manière à envoyer, entre *a* et *b*, des courants de sens contraire ; la force électromotrice de la pile E est inférieure à celle de S, et le circuit B n'est fermé qu'au moment de la lecture.

Appelons *g* la résistance intérieure du galvanomètre et supposons la graduation de celui-ci connue pour un courant I_0. On intercale en R_1 une résistance telle que cette intensité de courant I_0 ait lieu et on compense à l'aide du rhéostat, jusqu'à ce que le galvanoscope reste au zéro. Si r_0 est la résistance qu'on a dû mettre dans le circuit et d_0 la déviation du galvanomètre, on aura

$$I_0 = f(d_0) = \frac{E}{g + r_0}$$

De même pour un autre courant I_1 réglé par R_1

$$I_1 = f(d_1) = \frac{E}{g + r_1}$$

d'où

$$I_1 = I_0 \frac{g + r_0}{g + r_1}$$

et ainsi de suite.

Il peut arriver que l'aiguille du galvanoscope ne reste pas exactement au zéro ; on note alors les déviations qui correspondent à des résistances r_0 un peu trop forte, puis un peu trop faible, et on trouve, par interpolation, la vraie valeur r_0 rendant la compensation parfaite.

M. Grotrian a employé cette méthode à plusieurs reprises et il a obtenu des résultats concordant très bien avec ceux fournis par d'autres méthodes.

A. P.

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXI, p.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES
DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Une foreuse électrique. — MM. Richards et Langdon (4 Fokenhouse Buildings E. C. à Londres) ont inventé une machine perforatrice pour creuser des puits pour les mines ou les tunnels, qui utilisent l'électricité comme force motrice.

Sur les figures, A représente un cylindre métallique, dans l'intérieur duquel se trouve un second cylindre renfermant le moteur électrique et les transmissions.

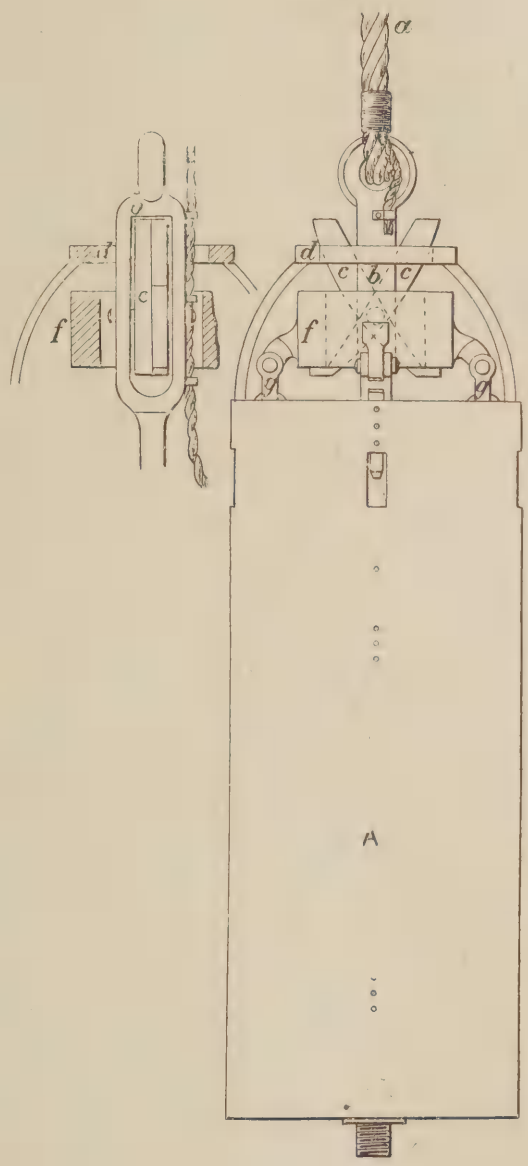


Fig. 1 et 2

Ce dernier cylindre est suspendu dans le puits foré, au moyen d'un câble en fil de fer passant sur un tambour actionné par une machine quelconque d'extraction. Le câble est traversé par deux conducteurs électriques isolés, qui amènent le courant électrique du générateur au moteur. Une saillie de chaque côté du cylindre intérieur, passe dans des glissières correspondantes ménagées dans le cylindre extérieur A, qui est fixé aux parois du puits par des crampons *g*. Ce cylindre extérieur est donc immobile, tandis que l'autre peut se déplacer librement, en haut et en bas.

Ce dispositif est représenté sur les figures 1, 2 et 3. L'extrémité de la corde *a* supporte une chape *b*, à l'intérieur de laquelle est montée sur axe

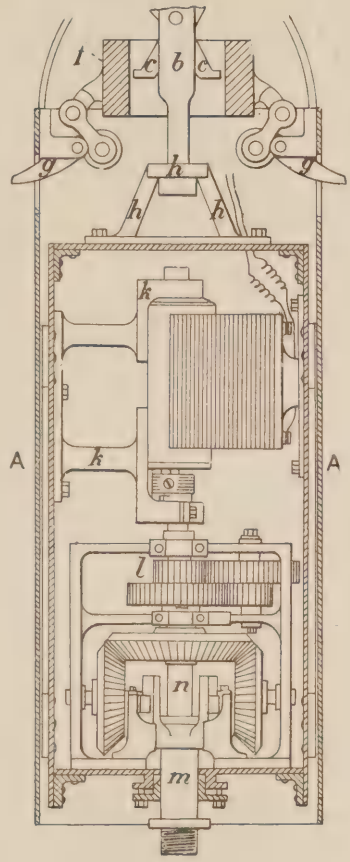


Fig. 3

une paire de pinces *c*, dont les extrémités supérieures sont maintenues dans un anneau en métal *d* fixé au cylindre extérieur A. La figure 2 est une coupe de cet anneau métallique *d*, avec les pinces *c*. Les extrémités inférieures de celles-ci font crochet en dehors et supportent une lourde masse annulaire, au travers de laquelle peuvent passer la chape et le câble. Quatre bras articulés, fixés au poids *f*, sont reliés à l'extrémité intérieure des crampons *g*.

Quand l'appareil est descendu jusqu'au fond du puits, la chape *b* tombe par son propre poids, et,

en passant dans le collier *d*, fixé au sommet du cylindre extérieur (fig. 1), les bras supérieurs des pinces *c* et les crochets inférieurs se déplacent en dedans, le poids *f* est libéré et tombe, ce qui, par le jeu des articulations, forçe les pointes des crampons, dans les côtés du puits comme c'est indiqué sur la figure 3.

En tirant sur le câble et en le lâchant subitement, tout le poids du cylindre intérieur portera

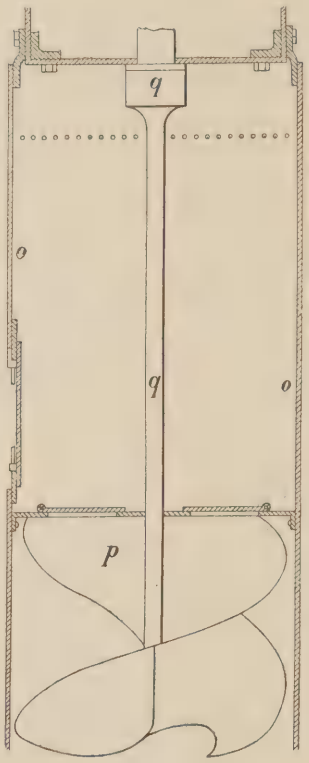


Fig. 4

sur les pointes des crampons et calera l'appareil. Quand il faut ramener l'appareil à la surface, les pinces saisissent de nouveau le poids *f*, en libérant les crampons qui sortent entièrement des côtés du trou.

La figure 3 représente les cylindres en coupe et montre la position du moteur K et un engrenage de réduction de vitesse *l*. Sous cet engrenage auquel il est relié, se trouve un jeu de cames pour donner à la mèche un mouvement réciproque aussi bien que de rotation. L'arbre *m* se déplace en haut et en bas, sur l'arbre *n*, celui-ci est pourvu d'une clavette. pour obliger l'arbre extérieur à tourner. Les cames sont disposées de manière à permettre à la mèche de tomber brusquement, après avoir été élevée à la hauteur voulue.

Tout le mécanisme intérieur est à l'abri de l'humidité, et l'arbre *m* fonctionne dans une boîte à étouppes, faisant partie du fond inférieur.

La figure 4 représente, en coupe, un outil pour enlever les matières détachées. Une enveloppe métallique, mince, *o*, est boulonnée à la partie inférieure du cylindre intérieur. Dans cette enveloppe, une vis d'Archimède *p* est fixée à un arbre *q*, qui, à son tour, est relié à l'arbre du moteur par un manchon. Au-dessus de cette vis, se trouve une cloison avec des soupapes, permettant à l'eau ou à la terre meuble de monter dans le compartiment supérieur, sous l'action de la vis en mouvement.

Les soupapes sont fermées par leur poids, et empêchent le contenu du compartiment supérieur de s'échapper, quand on remonte l'appareil à la surface.

Cette chambre est vidée au moyen d'une porte qui s'ouvre au dehors. Elle peut contenir jusqu'à une demi-tonne.

L'appareil de MM. Richards et Langdon peut également s'appliquer aux tunnels. Dans ce cas, le moteur est installé sur une voiture et bien protégé par une enveloppe en tôle ; un chassis portant des couteaux est fixé à l'arbre du moteur qui l'actionne.

Le radio-micromètre de M. V. Boys. — M. Vernon Boys, qui a inventé l'appareil thermo-électrique connu sous le nom de radio-micromètre [1] pour la mesure des rayonnements caloriques très faibles, a imaginé une forme rotative de son instrument, qui fonctionne de la même manière que le radiomètre de Crookes.

Il se compose d'une croix dont les bras sont en bismuth et partent d'un moyeu en antimoine. A l'extrémité de chaque bras est soudé un morceau de fil de cuivre, les quatre fils sont parallèles et forment des angles droits avec le plan de la croix. Les quatre bouts libres des fils sont soudés à un anneau en fil de cuivre parallèle au plan de la croix.

Quand ce circuit thermo-électrique est pivoté sur une pointe entre les pôles d'un aimant permanent et quand on fait tomber un rayon de chaleur sur le côté droit de la croix (en regardant du pôle nord de l'aimant vers le pôle sud), celle-ci

[1] *La Lumière Électrique*, vol. XXIV, p. 378.

commence de suite à osciller et ses mouvements se prolongeront jusqu'à ce que la croix tourne tout à fait. Si la chaleur tombe sur le côté gauche, le mouvement est arrêté.

Si la source de chaleur est enlevée, mais si l'on continue de faire tourner la croix par un moyen mécanique, le côté droit se refroidit, tandis que le côté gauche s'échauffe.

L'effet contraire a lieu avec une croix dont les bras sont en antimoine et la centre en bismuth.

L'effet serait probablement plus grand avec un disque en antimoine muni d'un grand nombre de pièces de bismuth et de fils, de manière à former une espèce d'armature à tambour. Cependant l'instrument que nous venons de décrire tourne rapidement, quand on en approche le bout incandescent d'une allumette éteinte.

Une pile thermo-électrique de ce genre dans un champ magnétique constitue un nouveau moteur électro-magnétique sans contacts mobiles.

D'après M. Boys, le mouvement du circuit thermo-électrique devient apériodique, quand le champ magnétique dans lequel il se trouve a une intensité de plus de 1000 unités. Cette propriété est utilisée dans la forme en galvanomètre à réflexion que M. Boys a donné au radio-micromètre. On se souvient que dans cet instrument le circuit thermo-électrique portait un petit miroir, qui réfléchissait un rayon de lumière sur une échelle et indiquait, par la déviation, l'intensité du rayon qui tombait sur le circuit.

M. Boys s'occupe toujours de perfectionner le radio-micromètre, qui promet d'être l'un des instruments les plus sensibles connus pour la mesure des faibles radiations.

Un éclair curieux. — Mercredi soir, le 17 août, la ville de Londres a été visité par un orage violent, qui a fait des dégâts considérables et même occasionné plusieurs accidents de personnes. La foudre est tombée, à Londres, sur la flèche d'une église qui a été complètement démolie. A Birmingham, deux hommes ont été foudroyés.

L'incident le plus remarquable de cet orage a été le passage d'un éclair énorme, en zig-zag, qui semblait, avant d'arriver à la terre, jeter un très grand nombre de boules de fer, comme un feu d'artifice.

J. Munro

États-Unis

La production directe de l'électricité par la chaleur. — Ce problème qui a été l'objet d'un si grand nombre d'études et d'expériences, semble en bonne voie d'être résolu, car, à la réunion de *l'Association Américaine* pour l'avancement des sciences, M. Edison a fait une conférence sur la *dynamopyromagnétique*, une machine destinée à produire l'électricité en utilisant directement la chaleur du combustible.

La conférence ayant eu lieu quelques heures seulement avant le départ du courrier qui vous apporte cette lettre, je ne puis vous donner qu'une idée succinte de l'invention.

M. Edison a commencé sa conférence par un résumé de quelques uns des résultats obtenus en thermo-électricité, et continue ensuite ainsi :

« Comme machine thermique, la pile thermo-électrique semble suivre la loi de Carnot et son rendement ne peut donc, en aucun cas, dépasser celui de la machine reversible de cet éminent savant.

« Si l'on veut arriver au résultat espéré, il faut donc chercher la solution dans une autre direction. On sait depuis longtemps que la chaleur exerce une influence considérable sur l'aimantation des métaux magnétiques et surtout du fer, du cobalt et du nickel. Puisque toute variation d'intensité d'un champ magnétique, produit un courant dans un conducteur placé dans ce champ, j'ai pensé qu'on pourrait peut-être, en plaçant un noyau de fer dans un circuit magnétique et en variant la perméabilité magnétique de ce noyau par des modifications de sa température, produire un courant dans une bobine entourant ce noyau. Cette idée forme la base et le trait caractéristique du nouveau générateur auquel j'ai donné le nom de générateur *pyromagnétique* d'électricité.

« Ce principe, s'applique évidemment aux générateurs, mais il a cependant été employé d'abord à la construction d'une machine thermique simple, que j'ai appelée un *moteur pyromagnétique*.

Une description de ce moteur fera mieux comprendre le générateur construit plus tard.

Figurons-nous un aimant permanent ayant un faisceau de petits tubes en fer mince, placé entre ses pôles et pouvant tourner autour d'un axe perpendiculaire au plan de l'aimant, comme une ar-

mature de dynamo. Supposons encore qu'on puisse par une disposition spéciale, par un aspirateur ou une soufflerie, faire passer de l'air chaud dans ces tubes et les porter au rouge. Supposons, en outre, un écran placé transversalement au faisceau de tubes, de manière à en couvrir la moitié. Il résultera que, si cet écran est réglé de sorte que ses extrémités soient équidistantes des deux branches de l'aimant, le faisceau de tubes ne tournera pas autour de son axe, puisque les parties les moins échauffées et magnétiques des tubes, c'est-à-dire celles placées sous l'écran, seront équidistantes des pôles et attirées également des deux côtés. Mais si l'on tourne l'écran autour de l'axe de rotation, de sorte que l'une de ses extrémités se rapproche de l'un des pôles (et l'autre extrémité de l'autre pôle), le faisceau tournera puisque la partie sous l'écran qui est plus froide et par suite magnétique, est constamment soumise à une attraction plus considérable que les parties échauffées.

« Ce dispositif agit donc comme un moteur pyromagnétique et la chaleur traverse les tubes de manière à rompre la symétrie des lignes de force dans le fer, et la rotation est causée par la tendance du faisceau à se placer dans une position symétrique. La plaque de garde agit dans ce cas d'une façon analogue à celle du commutateur d'un induit ordinaire.

« Le premier moteur construit sur ce principe était chauffé au moyen de deux petits brûleurs Bunsen et il développait environ 95 kilogrammètres à la minute.

Un second moteur, plus grand, est sur le point d'être terminé, il pèsera 750 kilos et il devra donner environ 3 chevaux.

Dans les deux machines, les aimants permanents sont naturellement remplacés par des électros excités par le courant d'une source séparée. Dans la dernière machine, l'air pour la combustion est en outre forcé à travers les tubes dans le but de les refroidir et d'échauffer cet air.

« Le générateur se compose de 8 électro-aimants disposés radialement (autour de pôles) en relation avec deux disques en fer, traversés en face des pôles, par 8 rouleaux d'un fil mince et ondulé. Quand les électro-aimants sont excités, ces rouleaux (*rolls* ou *intersticial armatures*) sont aimantés et il se produit un courant dans les bobines. L'appareil étant placé sur un fourneau, quand l'air chaud traverse ces rouleaux, ils deviennent non magnétiques par suite de leur température.

« Une plaque semi-circulaire tourne au-dessous du disque inférieur et préserve la moitié des armatures contre la chaleur, de sorte que quatre rouleaux sont constamment échauffés et les quatre autres refroidis. Un courant électrique est donc induit dans toutes les bobines, sa direction dans les quatre bobines correspondant aux rouleaux placés sous la plaque est inverse de celle des quatre autres. Les bobines séparées sont donc reliées de manière à donner la même direcion au courant au moyen d'un commutateur.

« Toute la machine que nous venons de décrire est placée sur un fourneau, de sorte que les produits de la combustion soient forcés à travers les rouleaux (armatures) non couverts par la plaque et les portent à une température élevée.

Naturellement, les électros n'aimantent que les armatures qui sont froides, c'est-à-dire, celles qui se trouvent sous la plaque. En tournant celle-ci, les armatures sont successivement exposées d'un côté et couvertes de l'autre, de sorte que pendant tout le mouvement quatre armatures sur les huit, perdent constamment de la chaleur et quatre autres en gagnent. Mais celles qui perdent de la chaleur s'aimantent et *vice versa*.

« La différence de potentiel développé par cette dynamo dépendra évidemment 1° du nombre de spires de fil, sur les bobines des armatures; 2° de la différence des températures pendant la marche; 3° de la vitesse des variations de température. Il va sans dire qu'on n'aura aucun avantage à porter la température des armatures, au-dessus du point pour lequel la susceptibilité est pratiquement nulle, tandis que, d'autre part, il n'y aura aucun avantage à les refroidir au-dessous du point de perméabilité maximum.

« Les limites de température entre lesquelles il est préférable de travailler sont faciles à déterminer pour chaque métal donné, en étudiant la courbe qui montre les relations entre la température et les coefficients magnétiques.

Les résultats obtenus jusqu'ici semblent prouver que la dépense de combustible, pour la production de l'énergie électrique avec la dynamo pyromagnétique sera égale, et même probablement inférieure qu'avec n'importe quelle méthode actuellement employée. Mais la puissance de la dynamo sera moindre que celle d'une machine ordinaire du même poids.

« Il faudrait probablement un générateur pyromagnétique de 2 ou 3 tonnes, pour alimenter 30

lampes de 16 bougies dans une maison ; mais, comme la nouvelle dynamo n'empêche pas d'utiliser les chaleurs perdues pour chauffer la maison même, et puisqu'elle ne demande aucune surveillance, elle semble trouver, dès maintenant, un vaste champ d'utilisation [1].

L'ampèremètre du professeur Forbes. — Jusqu'à présent, quand on a utilisé le dégagement de chaleur produit par le courant à la mesure de celui-ci, ou mieux de l'énergie qu'il représente, on a opéré directement au calorimètre.

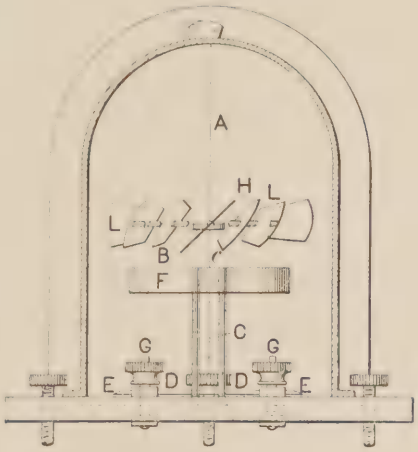
Le professeur Forbes a cherché à construire un ampèremètre industriel basé également sur le dégagement de chaleur et a fait breveter aux États-Unis un appareil dans lequel la chaleur dissipée sert à produire une énergie mécanique que l'on utilise pour la mesure du courant.

Dans l'appareil du professeur Forbes, un conducteur est chauffé par le courant électrique et la chaleur dégagée sert à produire des courants dans l'air en contact avec le conducteur. La vitesse de ces courants aériens dépend évidemment de l'intensité du courant dans le conducteur ; avec un appareil mesurant la vitesse des courants gazeux, on peut, par conséquent, déterminer l'intensité du courant électrique.

Pour rendre l'action d'un instrument de ce genre assez délicate, il est nécessaire de réduire toutes les résistances de frottement en permettant à l'air de circuler librement. A cet effet, le conducteur rayonnant est placé à 25 millimètres au-dessus de la base de l'appareil et ce dernier est renfermé dans un globe de verre, afin de le préserver contre tous les courants extérieurs.

La figure représente un des modèles de l'instrument du professeur Forbes. Il se compose d'un disque circulaire en mica, d'un diamètre d'environ 50 millimètres, qui porte, fixées sur sa périphérie, dix légères pièces de liège, dont chacune d'elles porte une ailette en mica L L formant avec le disque un angle de 45 degrés.

Le tout est suspendu à un fil fin en argent A tandis qu'un autre fil C et une aiguille horizontale D y sont également fixées à la partie inférieure. L'aiguille se déplace sur une échelle circulaire E E à la base de l'instrument. Le conduc-



teur électrique se compose d'une bande métallique circulaire F, dont les deux extrémités sont fixées à des conducteurs aboutissant aux bornes de l'appareil. La bande circulaire est supportée à ses extrémités et au milieu. Elle est placée immédiatement au-dessous des ailes et à une petite distance au-dessus de la planche sur laquelle est monté l'instrument, de façon à permettre à l'air de circuler librement.

L'échelle circulaire peut être graduée directement, de sorte que l'aiguille indique de suite le courant, ou bien en degrés et, dans ce cas, il faut une table de réduction, et on pourra noter une déviation de plus d'un tour.

Quand il s'agit de la mesure de courants très faibles, le conducteur a une grande résistance et se compose de fil enroulé un grand nombre de fois

Pour transformer cet appareil en un coulomb-

---

[1] La correspondance qu'on vient de lire est empruntée à un journal politique, et la description des appareils est assez incohérente. Par contre, le principe des nouvelles machines est aussi clair que possible, et on imagine facilement des dispositifs réalisant cette idée.

Est-elle absolument nouvelle ?

Non, au moins en ce qui concerne le moteur pyromagnétique, car si on veut bien se reporter à notre collection, on trouvera (*L. E.*, v. XXI, p. 407) une étude de MM. Schwedoff, dans laquelle se trouve la conception évidente du *moteur* décrit par Edison.

L'idée est-elle féconde ?

Il est très difficile de le dire : l'inventeur a déjà fait remarquer que ces machines semblent inclure un poids relatif considérable. Mais la principale objection pratique sera, sans doute, celle de l'emploi de températures très élevées et destructives, comme pour les machines à vapeur surchauffée et comme, du reste, aussi pour les piles thermo-électriques. En effet, pour que ces machines donnent quelque chose, il faut travailler à la température pour laquelle la perméabilité varie brusquement, et la désaimantation se fait, pour ainsi dire, isothermiquement ; or, pour le nickel, cette température est déjà voisine de 300 degrés C., et, pour le fer, il faut aller bien au-delà, jusqu'au rouge sombre, croyons-nous.

Quoiqu'il en soit, ces machines présentent au moins un grand intérêt théorique. La Rédaction

mètre, ou en compteur d'électricité M. Forbes suspend l'aile de sorte qu'elle puisse tourner librement et il la relie à un compteur de tours; dans ce cas, il faut cependant tenir compte des erreurs provenant du frottement de l'air et des roues d'engrenage.

Le transport et la distribution de l'énergie électrique aux États-Unis. — M. F. C. Martin a présenté, il y a environ un an, à la réunion de Détroit de la *National Electric Light Association* quelques détails statistiques sur l'emploi des moteurs et la transmission électrique de l'énergie. L'auteur énumérait les différentes stations où l'on avait installé des moteurs en indiquant par quelques chiffres les résultats obtenus. Mais les installations étaient à ce moment très rares, comparées à l'importance qu'elles ont aujourd'hui, et ceux qui sont au courant du développement actuel des affaires de ce genre, comprendront parfaitement que d'ici à l'année prochaine, les installations actuellement à l'étude feront paraître presque insignifiant ce qui existe actuellement.

Nous pouvons, par exemple, mentionner qu'une seule Compagnie a en magasin plus de 2,000 petits moteurs, une autre qui fabrique des moteurs de 1 cheval au plus, en a construit 2,500 depuis le mois de novembre dernier; dans la même période, une autre Société a vendu des moteurs représentant une force totale de 1,000 chevaux; une quatrième entreprise en a vendu pour plus de 2,500 chevaux et en construit en ce moment pour 4,000 chevaux.

De grandes usines ont été créées pour la fabrication spéciale des moteurs et occupent des centaines d'ouvriers.

On peut en conclure, entre autres, que, même à l'heure qu'il est, la station centrale de lumière électrique tend à devenir de plus en plus la grande source d'énergie et que les fabricants et les milliers de personnes qui ont besoin de travail mécanique en petite quantité peuvent s'en procurer sur leurs circuits. M. Martin a démontré dans une conférence récente que d'ici à fort peu de temps, la consommation du courant pour la production du travail moteur égalera, si elle ne dépasse pas, la consommation pour la lumière et les entrepreneurs d'éclairage électrique, comme le public en général, commencent à se faire à cette nouvelle idée.

Dans toutes les usines de lumière électrique en construction on se monte en moteurs et en dynamos pour pouvoir fournir l'énergie électrique, et il n'y a guère d'industries manufacturières où l'emploi des moteurs électriques n'ait pas été essayé ou déjà adopté.

On sait qu'il y a actuellement plusieurs centaines de petits moteurs en fonctionnement, alimentés par des piles primaires. On sait aussi qu'un grand nombre de moteurs, en moyenne de 15 chevaux, ont été appliqués à la traction électrique des tramways; mais les demandes les plus fortes de moteurs électriques viennent à la suite de l'établissement des réseaux de l'éclairage électrique, et c'est par ce moyen qu'il faut surtout songer à y satisfaire et à les développer.

Pour se rendre compte de l'état de la question l'*Electrical World*, de New-York, s'est dernièrement adressé à environ 500 des plus importantes Compagnies d'éclairage électrique; il a reçu de 200 à 300 réponses, qui représentent d'une manière très intéressante l'état de la question aux États-Unis.

Il résulte de cette enquête qu'une centaine de Compagnies locales fournissent la force motrice et, en général, mais pas toujours, sur leurs circuits destinés à l'éclairage de jour.

Il est à remarquer que les Compagnies qui n'alimentent pas de moteurs sont celles qui n'ont pas établi de semblables réseaux.

Ceci est évidemment une raison qui s'explique suffisamment d'elle-même, cependant, on peut se demander s'il ne serait pas possible, en augmentant la puissance des dynamos, d'accumuler (au moyen d'une batterie d'accumulateurs) pendant la nuit, assez d'électricité pour pouvoir alimenter un circuit de jour avec avantage; c'est, du reste, ce qui a été fait à Cheyenne.

Il résulte encore de cette enquête que les moteurs sont généralement placés sur des circuits d'éclairage à incandescence, et cela est naturel, car il est évident qu'il est beaucoup plus fréquent de marcher de jour avec une station de lampes à incandescences que dans les stations pour foyers à arc.

Les moteurs qui sont installés sur des réseaux pour l'éclairage nocturne, sont généralement ceux employés pour le travail des presses de journaux quotidiens.

Les entrepreneurs d'éclairage électrique ont beaucoup discuté la question de savoir s'il est plus avantageux de vendre les moteurs ou de les don-

ner en location. Jusqu'ici on n'est pas tombé d'accord sur cette question, et on laisse souvent le choix aux consommateurs. La vente présente l'avantage de rémunérer la Compagnie d'une forte dépense, mais le système de la location semble à la longue beaucoup plus fructueux.

On se demande encore s'il faut vendre l'énergie au compteur ou bien à un prix fixe. Beaucoup de Compagnies se font payer au compteur, mais en général, le prix fixe basé sur la puissance du moteur semble être préféré.

La *National Electric Leight Association* s'est occupée de la question de fixer le prix des moteurs pour ses membres ; en attendant le résultat de cette discussion, les prix varient beaucoup, comme on le voit par les tableaux suivants :

Voici les prix pour Pittsbourg :

Avec moteur de la Compagnie	Par mois	*Avec moteur de l'abonné*	Par mois
1/2 cheval.....	50 fr.	1/2 cheval.....	30 fr.
1 — ..	75 »	1 — ...	50 »
1 1/2 — ..	112 »	1 1/2 — ...	75 »
2 — ..	140 »	2 — ...	100 »
3 — ..	200 »	3 — ...	125 »
5 — ..	300 »	5 — ...	200 »
8 — ..	360 »	8 — ...	275 »
10 — ..	400 »	10 — ...	300 »

La Compagnie prolonge ses lignes jusqu'au local où se trouve le moteur, mais toutes les communications et appareils pour utiliser le travail à partir de ce point, sont à la charge de l'abonné.

A Buffalo, dans l'état de New-York, les prix sont de :

	Énergie électrique par mois	Location du moteur par mois
1/2 cheval	15,00 fr.	2,50 fr.
1/2 —	25,00 »	5,00 »
1 —	40,00 »	5,00 »
2 —	75,00 »	12,50 »
4 —	130,00 »	25,00 »
6 —	192,50 »	37,50 »
8 —	255,00 »	50,00 »
10 —	317,50 »	62,50 »
12 —	380,00 »	75,00 »

Ces prix sont basés sur un service journalier (dimanche excepté), depuis 7 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir. Quand on a besoin d'énergie pendant d'autres heures, on traite de gré à gré avec la compagnie. On bénéficie d'un escompte de 5 francs par moteur en payant avant le 10 du mois suivant la fourniture du courant. La compagnie vend des moteurs de toutes dimensions. Quand le moteur est fourni en location par la compagnie, celle-ci demande un contrat d'une année au moins.

A Laramie, en Wyoming, la *Laramie Electric Light C°* a fixé les prix suivants :

Travail fournie en chevaux	Prix par cheval et par heure	Prix pour une heure	Prix par mois avec moteur du consommateur
40	12 1/2 cent.	5,00 fr.	1300,00 fr.
20	12 1/2 »	2,50 »	650,00 »
15	12 1/2 »	1,90 »	487,50 »
10	15 »	1,50 »	390,00 »
7 1/2	17 1/2 »	1,30 »	341,25 »
5	20 »	1,00 »	260,00 »
3	22 1/2 »	0,65 »	175,50 »
2	25 »	0,50 »	130,00 »
1	— »	0,30 »	75,00 »
1/2	— »	0,15 »	37,50 »
Pour machine à coudre.....			10,00 »

Cette usine va prochainement fournir 40 chevaux à raison de 1300 francs par mois à un grand établissement situé à une distance d'environ 30 mètres.

A Détroit, dans le Michigan, la *Cie Edison* fait payer 500 francs par cheval et par an, le moteur étant la propriété de l'abonné. A Boston, la Compagnie a élabli le prix de 2,50 francs par cheval et par jour, le client ayant son propre moteur.

A Des Moines, le prix est de 570 francs par cheval et par an avec un service journalier de 10 heures; à Auburn, Springfield, Williamsport et Fall River, le prix est le même mais, à Lawrence, Lowell, Harrisburg et Providence, le prix est de 575 francs. A Cleveland, Cincinnati et Baltimore, il est de 50 francs par cheval et par mois.

A Pawtucket, la Compagnie fait payer 500 francs par an, si le moteur appartient au consommateur et, autrement, 750 francs. A Rochester, dans l'État de New-York, où l'on dispose d'une force hydraulique, on paie de 250 à 360 francs par cheval et par an et à Elgin, où l'on se sert également d'une force hydraulique, mais pendant le jour seulement, le service de 7 heures du matin à 6 heures du soir est payé à raison de 300 francs par an et par cheval, et à raison de 75 centimes par heure et par cheval pour le travail de nuit.

A Cleveland, la Compagnie alimente 24 moteurs de 1/8 cheval pour machines à coudre, à raison de 5 francs par mois. A Galveston, le prix est de 75 francs par mois. A Toledo et à Kansas City, les consommateurs paient 10 francs par

mois pour 1/8 cheval et à Reading, 8,75 francs par mois. Les moyennes pour New-York et Boston varient de 500 à 750 francs par an.

Le travail exécuté par ces moteurs varie à l'infini et quelques unes des applications sont originales et fort ingénieuses. Un grand nombre de moteurs se trouvent dans les imprimeries et actionnent les presses pour les journaux. A Détroit, un moteur de 15 chevaux actionne des machines donnant du travail à 200 personnes et il est assez curieux de voir une fabrique de ces appareils, à New-York, installer un de ses propres moteurs pour actionner ses machines, en empruntant l'énergie d'une usine de lumière électrique voisine.

En fait, on voit souvent des moteurs actionnant tout un atelier rempli de machines-outils, comme dans des fabriques de chaussures, des imprimeries, etc., etc. Mais les moteurs servent aussi quelquefois à laver des bouteilles, à pomper de l'eau d'un puits artésien à raison de 10 centimes par barriques, à étriller les chevaux, à actionner les outils des dentistes, et enfin, à faire marcher des centaines de réfrigérateurs, des moulins à café, des ventilateurs, des orgues, des scies circulaires, des essoreuses, etc..

A Pittsbourg, un moteur de 15 chevaux actionne les dynamos de la *Western Union Telegraph C°* et, de temps en temps, on trouve des bureaux centraux téléphoniques pourvus d'un moteur pour actionner l'appareil d'appel.

Les réseaux spécialement construits pour des moteurs sont encore assez rares ; il ne faut cependant pas oublier qu'il existe depuis 1883, à New-York comme à Boston, des Sociétés (Daft) qui ont pour spécialité de fournir l'énergie électrique.

La Compagnie de New-York distribue aujourd'hui 200 chevaux à environ 60 consommateurs et celle de Boston 90 chevaux à 20 personnes.

Des installations du même genre existent à Worcester, à Providence et à San-Francisco, et d'autres sont projetées dans un très grand nombre de villes.

Il reste à savoir si cette industrie sera exploitée à l'avenir par des usines spéciales, ou bien si elle restera entre les mains des stations d'éclairage électrique. A Boston, la station Edison alimente 72 moteurs (système Sprague) depuis 1/2 jusqu'à 15 chevaux formant un total de 300 chevaux ; à New-York la même Compagnie alimente 45 moteurs Sprague d'une force totale de 250 chevaux. Les Compagnies Brush, à New-York, Rochester, Buffalo, Galveston et Philadelphie fournissent le courant à un grand nombre de moteurs de différents systèmes et la Compagnie Brush de Baltimore a près de 60 moteurs Baxter sur ses circuits à arc. A Providence, la *Navragansett Electric Light C°* a installé 30 moteurs du système Thomson sur des circuits spéciaux.

Un cas intéressant dans la ville de New-York mérite une mention spéciale ; *l'Excelsior Steam Power C°*, une société formée il y a une trentaine d'années pour la distribution de la vapeur et qui, dernièrement, distribuait 800 chevaux sur un espace assez restreint, s'est récemment occupée des moteurs électriques et s'est chargée du service des moteurs Daft, dont nous avons parlé plus haut. La compagnie a, maintenant, pris des mesures pour pouvoir fournir 2000 chevaux électriques, et les travaux nécessaires sont déjà commencés.

Ce service sera limité au quartier de l'est de Brodway. Le quartier à l'ouest de cette rue sera alimenté par une autre usine, qui sera inaugurée au commencement du mois prochain. La compagnie *Excelsior* a loué ses moteurs à raison de 20 francs par semaine, pour un cheval, 30 francs pour deux et 15 francs pour chaque cheval en plus. Ces prix comprennent le travail, la location du moteur, la surveillance et les réparations nécessaires.

L'emploi des moteurs électriques est généralement satisfaisant et ces moteurs peuvent toujours être comparés avantageusement aux autres machines.

La compagnie locale à Appleton, en Wisconsin, a fait remarquer que la force hydraulique est si bon marché dans leur ville, qu'une distribution électrique de l'énergie, pendant la journée, ne pourrait donner aucun bénéfice ; mais, par contre, dans cette ville, l'application des moteurs électriques à la traction des tramways, a eu beaucoup de succès, les génératrices étant actionnées par une roue hydraulique.

Quant à la puissance moyenne des moteurs, on croyait d'abord que la plupart des demandes se rapporteraient à des moteurs de 5 chevaux environ, mais en fait, on en demande tout autant de 10 et de 15 chevaux et même au-delà, et la demande pour les très petits moteurs est plus faible.

Actuellement, on peut compter qu'il y a probablement un total de 10.000 moteurs électriques fonctionnant aux États-Unis, appartenant à une quinzaine de systèmes : Brush, Thomson, Curtis-Croke, Cleveland, Baxter, van Depoele, Daft, Sprague, Edgerton, Griscom, etc.

Plus de trente modèles du moteur Sprague sont actuellement en construction, ce qui donne une idée du développement commercial remarquable de cette application de l'électricité.

J. WETZLER

VARIÉTÉS

PARLEMENTARISME ET ÉLECTRICITÉ (1)

Les revues scientifiques ont donné, pour la plupart, plusieurs descriptions d'appareils à voter, dans lesquels l'électricité joue un rôle plus ou moins prépondérent, mais le problème n'a jamais été nettement posé : c'est ce que nous nous proposons de faire dans le présent article.

Les appareils présentés dans ces derniers temps n'ont pas abouti, pour des raisons que nous développerons plus loin.

Pour mieux saisir par où pêchaient les systèmes proposés et quelles conditions devrait remplir un appareil à voter relativement parfait, nous croyons utile d'étudier succinctement le mode actuel de votation, en insistant sur les habitudes parlementaires qu'il a créées et dont un système électrique ou mécaniqne devra tenir compte, s'il veut avoir des chances d'aboutir.

Chaque votant (député ou sénateur) actuellement a, à sa disposition, deux séries de bulletins sur lesquels figure son nom et celui du département qu'il représente. Au moment de l'ouverture du scrutin, les huissiers font circuler les urnes, et, à la cloture du scrutin, le bureau dépouille les votes, et les totalise.

Lorsqu'il y a doute, on procède au pointage.

Le Président proclame ensuite le résultat, lequel est toujours acquis, alors même qu'on aurait à tenir compte dee rectifications de votes ou qu'on constaterait des erreurs de comptage.

Les services intérieurs de la Chambre complètent ce travail en relevant les noms des votants, pour ou contre, par lettre alphabétique. Ces noms paraissent au *journal officiel* du lendemain.

C'est du moins ainsi que se le figurent les personnes qui n'ont pas assisté aux séances des Chambres.

En réalité, les membres présents votent pour ceux de leurs collègues, momentanément absents de la salle des séances et même pour ceux qui n'ont pas assisté à la discussion, retenus chez eux par la maladie ou par toute autre cause. De sorte que souvent, pour 150 ou 200 membres présents, le résultat proclamé porte sur 500 votants.

Cette façon de procéder est une cause permanente d'erreurs : on vote certaines fois contre le gré de tel ou tel député, d'autres fois on fait voter tel député *pour* et *contre*.

Aussi ne se passe-t-il pas de séance, sans qu'on ait à constater des rectifications de votes.

Malgré tout, et bien que le vote par procuration ne soit pas toléré pour les élections des citoyens, ni dans les conseils municipaux et généraux, il est bien admis dans les Chambres que, respecter cette habitude est une condition *sine quâ non*, de réussite d'un appareil à voter.

Comme il est de règle que le vote proclamé est acquis, il arrive quelquefois ceci, c'est que, par suite d'erreurs de comptage ou de rectifications de votes, tel article de loi ou tel amendement est voté par la minorité. Nous pourrions en citer plusieurs exemples, sans remonter au-delà de la législature actuelle. Nous mentionnerons seulement le suivant qui s'est produit au Sénat.

Dans la séance du 23 mars 1886, on procède au vote sur l'amendement Barbey, relatif à la laïcisation des écoles. Le résultat proclamé, et par conséquent acquis, est le suivant : *Pour* 133, *contre* 135. Le Sénat n'a pas adopté.

Or, à la séance du lendemain, six sénateurs portés comme s'étant abstenus déclarent avoir voté *pour*. Le résultat rectifié étant *pour* 139, *contre* 135, l'amendement était adopté.

L'appareil à réaliser devrait, donc, tout en permettant le vote par procuration, empêcher le re-

(1) Nous insérons volontiers cette étude abstraite sur les machines à voter; mais nous espérons que M. Anizan voudra bien la compléter, en faisant connaître à nos lecteurs les appareils, au moyen desquels il compte réaliser les conditions qu'il a si bien exposées.

La Rédaction

tour de faits aussi graves, capables de porter atteinte au régime parlementaire lui-même.

Aussi, il y a quelques années, le Bureau de la Chambre s'est-il préoccupé de cette situation. Il examina à cette époque quelques projets d'appareils et M. Sadi-Carnot, alors vice-président, fut chargé d'un rapport à la suite duquel les systèmes proposés furent rejetés, surtout pour deux raisons principales.

La première, c'est qu'en raison de la multiplicité de leurs organes, ils étaient très compliqués, par conséquent sujets à de fréquents dérangements. Ils se composaient, pour la plupart, de 2 transmetteurs, 2 piles (une positive et une négative) et 2 récepteurs par votant. Il est facile de se rendre compte de la quantité des organes pour une assemblée de 600 membres.

Cette première considération se passerait au besoin de commentaires. On sait, en effet, que pour toute espèce d'exploitation, un système nouveau offrirait-il les plus grands avantages comme rendement, on fera toujours et surtout entrer en ligne de compte la façon dont il se comportera en toutes circonstances et dans quelles limites on pourra compter sur un fonctionnement régulier.

Enfin, comme deuxième raison, *avec les systèmes proposés, le vote étant transmis électriquement, le député n'était pas maître de son vote jusqu'à la clôture du scrutin.* Ce sont les termes mêmes du rapport de M. Sadi-Carnot. Cette raison nous force à entrer dans quelques détails sur ce point des mœurs parlementaires.

On admettra facilement que tous les députés ne connaissent pas également toutes les questions.

Généralement, à propos d'une loi quelconque, un certain nombre de membres prend *pour* ou *contre* une résolution définitive ; mais il en existe d'autres qui demandent à être éclairés par la discussion pour se faire une opinion. Ils restent indécis jusqu'au denier moment et c'est souvent leur vote qui fait pencher la balance.

Il peut arriver aussi que, pour des raisons de stratégie parlementaire et pour obéir à la discipline de son groupe, pour soutenir ou faire tomber un cabinet, d'après la tournure du vote, tel député qui a déjà voté dans un sens, rectifiera son vote en s'abstenant ou en émettant le vote contraire avant la clôture du scrutin.

Le rapporteur sur les appareils à voter estimait que cette partie du vote ne devait pas être abrégée et que, pendant toute sa durée, le député devait être maître de son vote.

Si l'on considère, en effet, deux périodes dans le vote : la première, de l'ouverture à la clôture du scrutin et la deuxième comprenant le dépouillement et le comptage jusqu'au moment où le résultat est proclamé, l'économie de temps que devra réaliser un appareil à voter portera seulement sur la deuxième période.

D'après toutes ces diverses considérations, et pour nous résumer, un appareil à voter devra donc, tout en tenant compte des habitudes acquises, empêcher le retour des incidents mentionnés plus haut, et assurer la parfaite sécurité du comptage en en réduisant la durée.

Pour cela, le transmetteur devra remplir les conditions suivantes :

Être aussi simple et aussi peu volumineux que possible pour pouvoir être renfermé dans les pupîtres des députés ;

Il ne devra pouvoir transmettre qu'un seul vote à la fois ;

Il devra emmagasiner mécaniquement le vote jusqu'au moment du comptage, en laissant au député la faculté d'annuler le vote qu'il vient d'émettre, de s'abstenir ou de voter en sens contraire ;

Il faudra enfin, qu'après avoir transmis le vote *pour* ou *contre*, il puisse être automatiquement disposé pour le vote suivant.

On pourrait ainsi voter pour un député absent, au moment du vote, de la salle des séances, et on ne pourrait émettre qu'un seul vote en son nom. Encore, faudrait-il qn'il confiât la clef de son pupître à un collègue ; dans tous les cas, on ne pourrait voter pour lui qu'avec son assentiment.

Enfin, le fait de totaliser et d'enregistrer rapidement les votes, n'est pas une chose impossible, surtout pour ceux qui se tiennent au courant des progrés que fait tous les jours la mécanique. En admettant qu'on puisse enregistrer dix votes par seconde, la durée du dépouillement et du comptage, pour une Chambre de six cents membres, serait réduite à *une minute*. Les membres du gouvernement et les députés bénéficieraient ainsi

d'un temps précieux pour la discussion et l'expédition des affaires.

Le Bureau de la Chambre n'hésiterait certainement pas, si les conditions ci-dessus étaient remplies, à abandonner la routine actuelle en faveur d'un progrés qui, en assurant la sincérité absolue des votes, servirait le régime parlementaire.

J. Anizan

BIBLIOGRAPHIE

Th. du Moncel. — L'Illuminazione elettrica. — Volumo secondo. — Lampa de ellettriche, dall. Ing. Pietro Vesole. — Turin. Unione Tip-Editrice 1887.

Les deux volumes sur l'éclairage électrique publiés, il y a quelques années déjà, dans la bibliothèque des merveilles, par le comte du Moncel, sont connus de tous ceux qui, de près ou de loin, s'occupent d'électricité.

L'éloge de cet ouvrage n'est plus à faire. Ceux qui l'ont eu entre les mains, et ils sont nombreux, savent quelle foule de renseignements descriptifs renferment ces deux modestes volumes et ont pu se féliciter du nombre considérable d'illustrations qui le complètent.

M. P. Vesole, ingénieur, a publié, il y a deux ans déjà, une traduction italienne du premier volume de cet ouvrage et renfermant la description des générateurs d'électricité. La traduction du second volume vient de paraître ; elle traite de la construction des lampes à arc et à incandescence et des nombreuses applications de l'éclairage électrique. Ce n'est pas, à proprement dire, une traduction, car l'auteur italien s'est efforcé de mettre son œuvre au courant des derniers perfectionnements, et il a été conduit à en agrandir quelque peu les limites primitives, tout en modifiant quelques parties. Hâtons-nous de dire que ces modifications, faites avec un soin judicieux, loin de diminuer la valeur de l'ouvrage, lui donnent un plus grand relief et que les additions assez nombreuses en augmentent considérablement l'importance.

Comme nous l'avons dit en commençant, le livre de M. du Moncel est purement descriptif ; M. Vesole lui a conservé ce cachet, tout en ajoutant au texte primitif la description de plusieurs des innombrables lampes électriques, qui ont vu le jour depuis l'époque de la publication de l'édition française,

Aussi ne faut-il pas chercher dans le volume qui nous occupe, des renseignements complets sur la construction des stations centrales d'éclairage électrique, et sur les divers systèmes de distribution proposés et en usage, ni sur le calcul des conducteurs électriques, ni sur les mesures photométriques, ni enfin des renseignements techniques particuliers bien précis.

Les données numériques sur le rendement des lampes à arc et à incandescence sont, nous semble-t-il, un peu anciennes et auraient pu être remplacées avantageusement par les résultats de mesures plus récentes faites sur les derniers types d'appareils.

Dans la partie du volume qui s'occupe des applications de l'éclairage électrique, on trouve des considérations sur le prix de revient de la lumière électrique comparé à celui du gaz, considérations basées surtout sur la discussion des résultats obtenus dans un certain nombre d'installations, telles que celles des grands magasins du Louvre, du Printemps, etc., installations qui ont été décrites en détail dans *La Lumière Electrique*.

Les applications de la lumière électrique à la guerre, à la marine, aux phares, aux travaux publics, etc., sont mentionnées avec quelques détails ; la lumière électrique au théâtre est traitée avec assez de détails et l'auteur donne, en outre, une description complète de l'installation d'éclairage électrique du théâtre de Brunn en Autriche, avec la manière d'obtenir les effets de scène.

Le volume renferme, en outre, une étude assez complète de la station centrale, système Edison, de Milan, et du rendement obtenu.

L'ouvrage de M. Vesole, enrichi de 230 illustrations et mis au courant des derniers perfectionnements dans la construction des lampes à arc, (nous n'en pouvons malheureusement pas dire autant des lampes à incandescence), peut être considéré comme un manuel commode pour tous ceux qui veulent avoir, condensé dans un seul volume, le plus grand nombre de renseignements sur les lampes électriques. A ce titre, nous ne pouvons que le recommander à nos lecteurs.

A. Palaz

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

179305. — DESROZIERS, addition, (28 janvier 1887). — PERFECTIONNEMENT AUX GALVANOMÈTRES GENRE LIPPMANN.

La nouvelle forme de chambre que M. Desroziers ajoute à toutes celles que contenait le brevet 179305, dont nous avons dans le temps rendu compte est représentée dans la figure 1. Elle se compose d'une plaque découpée suivant la forme du dessin, de manière à former un canal de circulation fermé à ses extrémités A et *b'*.

D'autre part, *a'* et *b'* sont réunis par une matière conductrice *a'*, *d e r b'*.

Cela étant, si on place toutes les parties canalisées entre les plaques isolantes du champ magnétique, occupant tout l'espace des secteurs A_1A BB_1, CC_1 D_1D, et que l'on

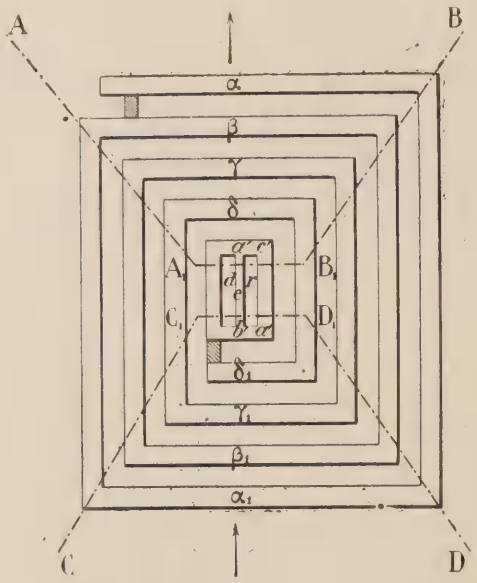


Fig. 1

fasse passer un courant de AB à CD, si un liquide convenable remplit les canaux, comme le courant passera surtout par les côtés parallèles à AB et CD, il se produira une dépression dépendant du courant et des champs.

Il est évident que si le courant est lancé de AB sur CD vers la partie centrale, il aura un effet du même genre, et si les ouvertures sont faites en des points convenables, on pourra réaliser une circulation du liquide.

La dernière partie de la présente addition porte sur un nouveau moyen de régler un courant en fonction d'un autre, comme cela peut arriver pour le réglage de l'excitation d'une dynamo en fonction du courant qu'elle engendre.

La figure 2 montre le schéma, le dispositif s'expliquant de lui-même. AI est le courant à régler en fonction du cou-

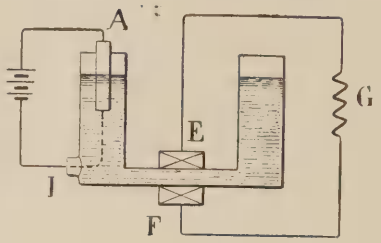


Fig. 2

rant G. A cet effet, le tube de A I contient une tige immergée suffisamment résistante, et il suffit de faire agir le courant variable G sur l'une des chambre EF.

En se reportant à ce qui a été dit précédemment, on comprendra alors que les variations du courant G feront varier le niveau dans le tube A I, et par suite la résistance du courant à régler.

181709. — CURTIS, WHEELER CROCKER (22 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES BATTERIES ÉLECTRIQUES.

Ces perfectionnements peuvent s'adapter à toutes les piles, disent en chœur les trois inventeurs. Nous les croyons sur parole, et dans une seconde, vous le croirez comme nous.

En effet, l'idée de M. Curtis et de ses collaborateurs, consiste à renfermer dans une boîte les éléments de pile qu'on veut perfectionner. Jusqu'ici, vous voyez que la nature de la pile importe peu. Les électrodes attaquées sont toutes réunies entre elles par des traverses, et l'ensemble est fixé à l'extrémité d'un bras claveté sur un arbre traversant la boîte. Ici comme tout à l'heure, la réaction dont la pile est le siége nous importe peu.

Enfin, extérieurement à la boîte, et sur l'arbre dont nous venons de parler est fixée une manette, qu'on peut tourner à la main dans un sens ou dans l'autre et fixer à une position déterminée au moyen d'une goupille.

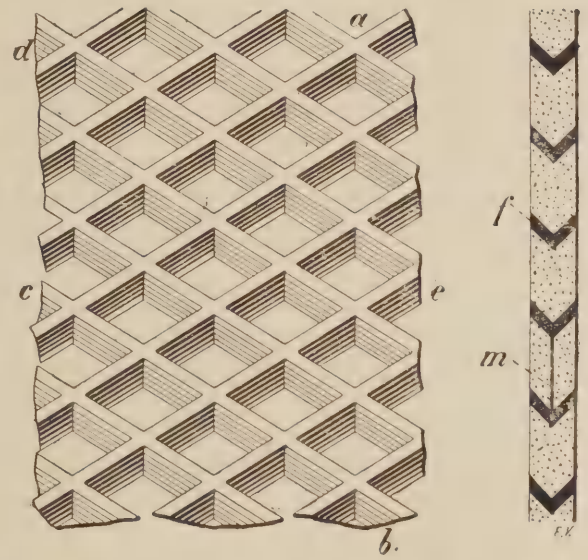
Vous voyez maintenant dans son plein le perfectionnement dû aux génies inventifs de MM. Curtis. Wheeler et Crocker. Sans se préoccuper des piles qui sont mises ainsi prisonnières, et cachées à la vue de tous, on peut selon les cas, facilement augmenter ou diminuer l'immersion des électrodes, et même la supprimer tout à fait lorsque la pile ne travaille pas. Rien de pareil n'a jamais été fait.

181654. — MENGES (19 février 1887). — FORMES D'ÉLECTRODES POUR PILES PRIMAIRES OU SECONDAIRES

L'idée de M. Menges porte surtout sur les électrodes d'accumulateurs, formant le noyau ou support de la matière active. Le but, vous le connaissez, est toujours le même, et la forme, vous la voyez dans les deux figures ci-contre : une vue de face et une coupe.

Les plaques peuvent être en plomb ou alliage de plomb, ou bien encore faites de caoutchouc cuivré galvaniquement, quand il s'agit de piles à oxyde de cuivre.

De quelque matière que soient ces plaques, elles constituent un treillis dont les cellules ont des parois en forme de gouttière, placées de façon à ce que les lignes



d'intersection des parties du treillis qui s'entrecroisent, forment des groupes de lignes parallèles pour permettre le moulage du modèle, et l'extraction de la pièce de son moule après la fonte.

Quant aux avantages que présentent les plaques de M. Menges : légèreté, résistance, etc.; comme nous, vous les connaissez.

180954. — GRAVIER (17 janvier 1887). — PERFECTIONNEMENTS AUX MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES, GÉNÉRATRICES DE FORCE ÉLECTROMOTRICE, MOTEURS OU RÉCEPTRICES.

M. Gravier en cherchant, dans les machines dynamo électriques, à donner aux matériaux la meilleure utilisation possible, a été conduit à imaginer une disposition spéciale d'épanouissements polaires, donnant, avec une armature quelconque, des champs magnétiques dissymétriques.

La figure 1 est le schéma d'un de ses dispositifs : A et B sont les électro-inducteurs et les épanouissements polaires embrassant l'anneau de chaque côté, de telle sorte que les pôles A et B très puissants, influencent les points correspondants *b* et *a* de l'induit, tandis que les pôles *a* et *b'* assez faibles sont influencés par les puissantes polarités A' et B' de l'anneau dans un sens favorable.

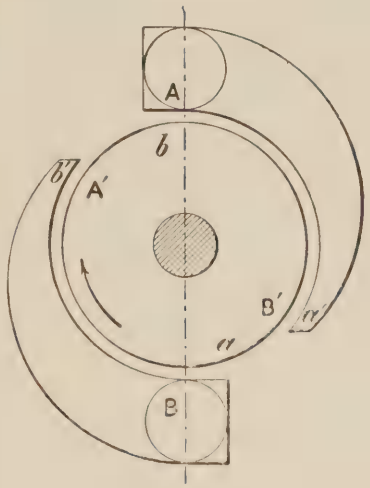


Fig. 1

C'est la vieille idée de rétablir la symétrie du champ, tordu par la réaction de l'induit (moteur Immisch). On

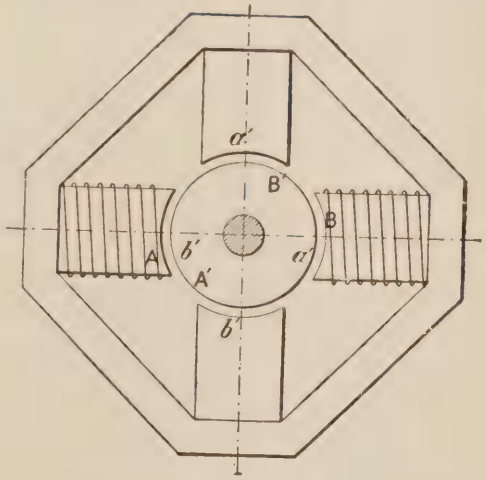


Fig. 2

pourra améliorer une mauvaise machine, il vaudrait mieux en construire de suite une bonne.

Dans la figure 2, la dissymétrie est moins accentuée. Quatre électro-aimants réunis par leur culasse, sont disposé par l'excitation seule de deux d'entre eux, de manière à former quatre pôles : A et B très puissants, *a'* et *b'* très faibles.

Comme dans le cas précédent, les premiers magnétisent

l'anneau par influence, et les seconds sont au contraire magnétisés par l'influence des pôles A' et B' de l'anneau.

Le brevet de M. Gravier renferme encore d'autres dispositifs analogues rentrant dans les deux types que nous donnons. Nous ne savons s'il s'agit ici de conceptions théoriques ou de résultats d'expériences; mais voici en tous les cas, les avantages que l'inventeur attribue naturellement à ses machines :

1° Augmentation de la force électromotrice;

2° Diminution des réactions nuisibles de l'induit sur les inducteurs;

3° Utilisation presque complète du fil de l'induit;

4° Utilisation favorable des polarités crées par les courants induits circulant autour de l'anneau.

P. S. — La masse du fil induit est, dans la machine Gravier, égale à celle du fil inducteur.

181670. — MATHIS (19 février 1887). — RÉGULATEUR PERFECTIONNÉ POUR LAMPES ÉLECTRIQUES

Si cela vous intéresse, nous vous raconterons en deux mots ce qu'est le régulateur Mathis, destiné à donner un arc uniforme obtenu par une descente réglée du charbon suspendu.

Un levier coudé, dont le bras horizontal est muni d'un contrepoids, a son bras vertical terminé par une griffe saisissant le porte-charbon, et pouvant le lâcher et le ressaisir, suivant le mouvement qui lui est imprimé par un autre levier.

Celui-ci est naturellement actionné par un électro-aimant, et quand l'arc s'allonge et que sa résistance augmente, l'électro agit sur le deuxième levier qui force le premier à abandonner le porte-charbon.

Vous voyez que c'est très nouveau.

181698. — REYNIER (21 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

Le foisonnement du plomb dans les accumulateurs étant toujours un inconvénient pendant la formation, M. Reynier a cherché, non pas à éviter ce foisonnement, mais à l'u-

tiliser avantageusement, au contraire, pour obtenir une bonne formation ou une grande rapidité.

On sait que l'attaque électrochimique du plomb peut être hâtée par divers moyens ; mais généralement les dépôts ainsi obtenus sont diffus et offrent très peu d'adhérence. M. Reynier remédie à cette difficulté en comprimant ces produits électrochimiques entre le plomb et une cloison isolante perméable serrée par le foisonnement de formation même.

Comme on le voit sur la figure, entre les deux électrodes de plomb CC, une cloison isolante S est placée. Celle-ci pour être perméable est faite d'une sorte de feutre fait de poils ou de laine. Le tout est roulé, comme toujours, pour faire un manchon, dit *manchon Reynier*, et lorsque ainsi on accélère la formation, les matières insolubles qui se forment sur les électrodes, se compriment par l'effet du foisonnement entre le plomb et la cloison isolante. L'adhérence mécanique obtenue ainsi est, paraît-il, excellente. En tous les cas, la dispositon est assez ingénieuse.

181707. — KNIGHT (22 février 1887). — MÉCANISME DE TRANSMISSION POUR MOTEURS ÉLECTRIQUES

L'invention actuelle rentre, comme le dit le titre, plus dans le domaine mécanique que dans celui de l'électricité. Pour ce motif, et à cause aussi de la complication et du grand nombre des dessins que renferme le brevet, nous nous bornerons à n'en indiquer que le principe.

Dans les études de transport électrique de la force à distance, les électriciens, en vue d'installation industrielle, de commandes des machines-outils d'un atelier, se sont préoccupés du réglage des réceptrices, de manière à éviter les variations de vitesse entraînées par les variations de travail.

Ils y sont arrivés, on le sait, par divers procédés. M. Knight, qui est mécanicien, et qui, nous ne lui en voulons pas, n'a pas une très grande confiance dans ces divers modes de réglage, a demandé à la mécanique seule la solution du problème.

Cette solution, il l'a trouvée par une adaptation ingénieuse de la transmission alternative, avec cliquets et rochets, à l'arbre de la machine réceptrice.

Sur celui-ci, en effet, sont montées deux manivelles ou mieux, deux excentriques, dont les boutons peuvent glisser dans une rainure, de manière à se rapprocher plus ou moins du centre de l'arbre, et dont les bielles transmettent la rotation par les mouvements alternatifs des cliquets.

Comme on le conçoit, alors, la vitesse transmise sera fonction de la distance des boutons d'excentriques au centre de l'arbre, et le débrayage sera obtenu lorsque aura lieu la coïncidence.

Un régulateur de vitesse quelconque commande le mouvement des boutons dans leurs glissières, et de la sorte, la vitesse de rotation du moteur peut changer dans de certaines limites, sans que ces variations puissent se faire sentir dans le travail de l'atelier.

Naturellement, comme électricien, nous nous refusons dignement à toute comparaison entre le procédé Knight, et ceux que l'électricité seule met à notre disposition.

181688. — LÉTANG (21 Février 1887). PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX LAMPRS A ARC [1]

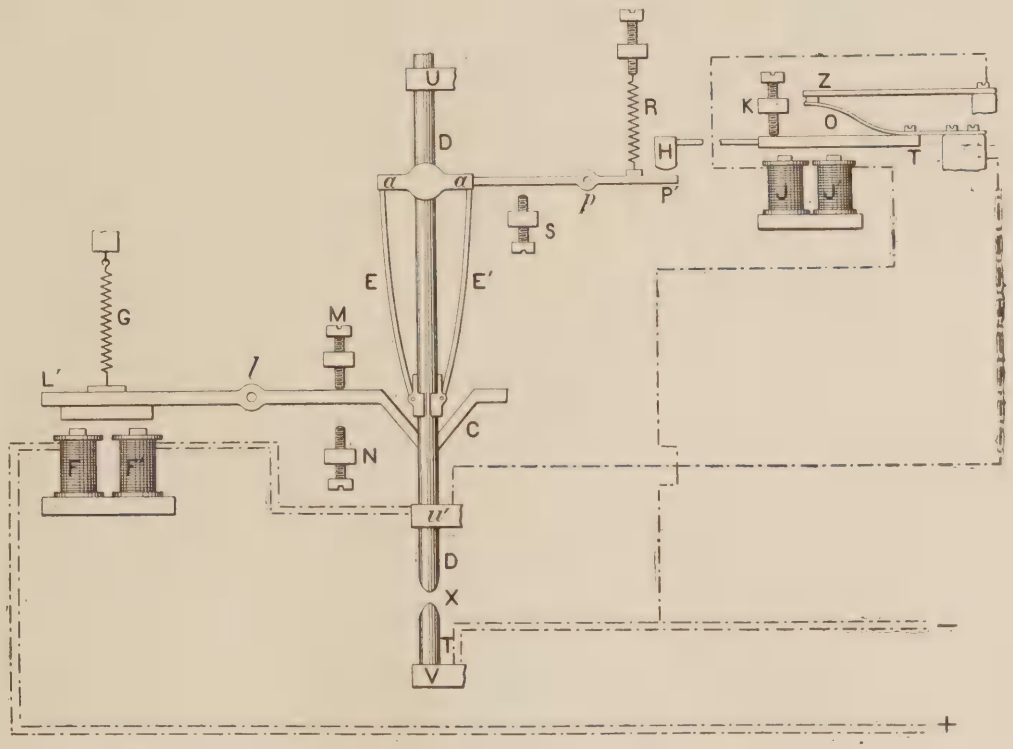
Nous venons de voir une nouvelle lampe à arc en voici une autre qui parait plus sérieusement étudiée. Nous appelons l'attention des intéressés sur le croquis ci-contre.

La tige de charbon D guidée par les bagues *uu'* est placée entre deux lames de ressort verticales, réunies à leurs parties supérieures par la pièce *a* et formant pincette. Le charbon D traverse aussi une pièce C taillée intérieurement en forme de cône, dans laquelle s'engagent les sabots, portés par les ressorts EE'.

Les branches de la pincette tendant toujours à écarter les sabots, épousent la forme de D sans la serrer. La pièce C forme l'extrémité d'un levier LL' articulé en *l* dont l'autre bout porte l'armature de l'électro-aimant FF'. M et N sont les buttoirs de réglage et G le ressort antagoniste de l'électro-aimant.

Les ressorts E et E' sont également montés à l'extrémité du levier PP' articulé en P, et réglé par le buttoir S et le ressort R qui tend à l'attirer à lui. Enfin, dans le prolongement de D et au-dessous de lui est placé verticalement le deuxième charbon T, maintenu par un étau V.

Cela étant, l'allumage est facile à comprendre. Les deux



charbons étant au repos en contact, lorsque le courant passe dans l'électro FF', la pièce C se soulevant fait coincer les sabots contre le charbon D' et force celui-ci à s'écarter de T pour faire jaillir l'arc en X.

Quant au réglage, il est obtenu par un dispositif tout-à-fait identique au mécanisme trembleur d'une sonnette ordinaire, placé à l'extrémité du levier PP'.

J J' sont les branches de l'électro, actionné par une dérivation du courant, dont l'armature O porte un marteau H pouvant frapper en P', Z est le contact et K la vis de buttée.

Le ressort R étant réglé pour une longueur d'arc donnée, lorsque la résistance de celui-ci augmente, l'électro J J' attire son armature, et par les coups du marteau H sur P' force les pinces EE' à se soulever, et par suite, à relâcher le charbon D.

[1] Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXIV, p. 609.

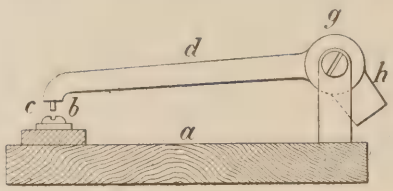
181736. — HOCHSTADTER (22 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES INDICATEURS ÉLECTRIQUES POUR BOITES AUX LETTRES.

S'il vous est arrivé, comme nous avons tout lieu de le supposer, de mette vous-même une lettre à la poste, vous avez dû remarquer, sur le devant de la boite, un petit voyant qui vous indique l'heure de la prochaine levée, et quelquefois même l'heure d'arrivée de la lettre que vous jetez. Ces indications, vous le savez encore, sont données par le facteur qui, lorsqu'il prend les lettres, met devant l'ouverture les plaques convenables.

Eh bien, tout cela peut se faire automatiquement, sans que le porteur est besoin d'intervenir, au moyen de l'électricité.

Entre autres dispositifs, M. Hochstaedter préconise le suivant :

Au fond de la boîte *a* est placée une sorte de grille articulée en *g*, et dont *d* dans la figure ci-jointe repré-



sente un des barreaux. Un contrepoids *h* maintient soulevée la dite grille lorsque la boîte est vide. Au contraire, lorsqu'une lettre y est introduite, par son poids elle amène en contact les parties *c* et *b*, de manière à fermer un courant local qui fait sortir le voyant sur lequel est écrite l'heure de la prochaine levée.

S'il y a déjà des lettres dans la boîte lorsque vous arrivez, vous voyez tout de suite ce que vous voulez savoir, ou s'il n'y en pas, c'est votre lettre qui fait la manœuvre que nous venons d'avoir l'honneur de vous indiquer.

(A suivre)

P. Clemenceau

FAITS DIVERS

Comme on le verra dans une autre partie du journal, Edison vient de couronner la série de ses inventions par une découverte qui, autant qu'on peut en juger à première vue, peut donner lieu, dans la production de l'électricité, à une révolution égale à celle produite par l'invention de la machine dynamo.

Il s'agit ici d'une machine dynamo-électrique d'un genre tout particulier, dans laquelle on utilise directement la chaleur à produire l'aimantation et la désaimantation des noyaux d'induits.

L'invention repose sur le principe bien connu de la variation brusque des propriétés magnétiques du fer à une certaine température critique, et il est parfaitement exact qu'on peut ainsi réaliser soit une génératrice, soit un moteur.

La seule question qui reste ouverte est celle de l'énergie des actions de ce genre et de l'utilisation de la chaleur dépensée.

On annonce qu'une Société importante est actuellement en formation pour utiliser les eaux du Rhône, à Saint-Germain-du-Rhône, et obtenir une force motrice puissante, qui fournirait l'eau potable à Lyon, ainsi que la lumière électrique pour toute la ville et l'énergie à tous les métiers des canuts. Les terrains sont déjà achetés, paraît-il, et les travaux vont être commencés sous peu.

Il n'est pas étonnant que les charlatans s'en donnent de tout cœur avec l'électricité et les phénomènes magnétiques, car les vrais savants, ceux qui recourent à l'expérience directe, sont bien loin d'être d'accord sur l'action physiologique des phénomènes électriques.

Ainsi M. Stolnikow avait affirmé, il y a quelques années, que l'électrisation de la peau dans la région du foie excitait l'excrétion de l'urée chez l'homme; il avait même opéré l'excitation directe du foie chez le chien, et trouvé une augmentation très grande de l'urée excrétée.

Il y a chiens et chiens sans doute, car MM. Gréhant et Mislawsky qui ont repris cette expérience (Comptes rendus) ont bien trouvé une variation de l'urée contenue dans le sang artériel, mais il ne paraît pas, d'après eux, que l'excitation ait d'influence sur la sécrétion, en tout cas le sang des veines sus-hépatiques n'indique aucune augmentation d'urée.

Il faut donc attribuer à une autre cause l'augmentation constatée par le premier expérimentateur.

Le programme de l'Exposition d'appareils d'éclairage organisé par la Société polytechnique de Russie, dont nous avons déjà parlé, comprendra, entre autres, les sections suivantes :

a) Collections historiques des appareils et matériaux ayant servi à l'éclairage dans l'antiquité;

b) L'éclairage au moyen des matières solides ou liquides de provenance végétale ou animale;

c) Matières éclairantes à l'état gazeux, ainsi que les appareils servant à leur production et à leur exploitation;

d) L'éclairage électrique;

e) Sources de lumière et appareils d'éclairage spéciaux;

f) Lampes pour les huiles d'éclairage provenant du naphte;

g) Photométrie.

L'« Association Britanique » s'est réunie, cette année, à Manchester, sous la présidence du chimiste bien connu, M. H.-E. Roscoe; la première séance a eu lieu le 31 août.

Parmi les travaux intéressant l'électricité, qui seront lus et discutés, nous pouvons citer les suivants :

M. Glazebrook présentera le rapport du « Comité des étalons électriques ».

Le docteur Lodge, un travail sur « l'électrolyse »; cette question fera également le sujet de plusieurs autres travaux.

S, W. Thomson présentera ses nouveaux appareils de mesure.

M. Preece lira une étude sur le « cœfficient de selfinduction des lignes télégraphiques et sur l'induction mutuelle entre les lignes. »

En ce qui concerne les études sur le magnétisme, on annonce un travail de M. Eving sur « l'aimantation du fer dans des champs intenses », sur l'aimantation des aciers manganifères, et sur « l'influence d'une section transversale sur la perméabilité du fer ». M. Schering s'occupera également du magnétisme.

MM. Thorpe et Rucker donneront des détails sur leur nouvelle observatoire magnétique; M. Trotter, une étude sur certaines machines dynamos, et M. E. Hopkinson sur la théorie de celles-ci.

M. Abercromby, enfin, communiquera ses études sur les diverses catégories d'orages.

A côté des études que nous venons de citer et qui nous paraissent présenter le plus grand intérêt, il sera lu un grand nombre d'autres travaux par divers savants.

Nous reviendrons, en temps et lieu, sur ces travaux.

Éclairage Électrique

La ville de Lyon vient de traiter avec la Compagnie du gaz de cette ville pour l'éclairage électrique dans les théâtres municipaux et dans une certaine partie de l'Hôtel de Ville

Voici les principaux articles du contrat :

Article premier. — La Compagnie du gaz de Lyon prend l'engagement de fournir, dans les théâtres municipaux de Lyon, l'éclairage à la lumière électrique en égale quantité, dans les mêmes conditions et aux mêmes prix que l'éclairage au gaz actuel.

Les dispositions ci-dessus s'appliquent en outre au local de l'Hôtel de Ville affecté aux séances du Conseil municipal; le prix de cet éclairage sera le même que pour les théâtres municipaux.

Art. 2. — Cette fourniture sera faite par une station centrale d'électricité que ladite Compagnie établira à ses frais dans le plus bref délai.

Art. 3. — La municipalité se réserve, à toute époque, le droit d'augmenter ou de diminuer la quantité de lumière électrique à fournir dans les théâtres municipaux, sans que ces modifications aient d'autre résultat que celui d'augmenter ou de réduire proportionnellement la redevance à payer à la Compagnie.

Sur la demande de la ville, il pourra également être établi par la Compagnie, dans lesdits théâtres, concurremment avec l'éclairage à l'électricité, tout autre genre d'éclairage.

Art. 4. — La Compagnie du gaz pourra utiliser, pour le service des établissements publics et des particuliers, la station centrale d'électricité mentionnée à l'art. 2 ci-dessus.

Art. 5. — L'extension à donner à l'éclairage électrique, dans la ville de Lyon, notamment pour les services publics (voie publique et bâtiments communaux) fera l'objet d'une entente ultérieure entre la ville et la Compagnie, s'il y a lieu.

Art. 6. — Dans le cas où, pour une cause quelconque, le prix du gaz vendu à la ville pour les théâtres municipaux subirait une diminution, cette réduction s'appliquerait proportionnellement au prix de l'éclairage électrique desdits théâtres.

Art. 7. — Il est formellement stipulé que la convention actuelle ne modifie en rien la situation réciproque de la ville, des particuliers et de la Compagnie, relativement aux clauses et conditions des traités d'éclairage actuellement en vigueur avec la Compagnie du gaz.

La Compagnie du gaz sera en outre tenue d'employer pour ses installations des machines et appareils de fabrication française.

Le 10 septembre prochain, la municipalité de Brême, fera procéder à l'adjudication des travaux pour l'installation d'une usine centrale municipale de lumière électrique.

L'adjudication de l'éclairage électrique au nouvel hôpital militaire, à Bruxelles, dont nous avons déjà parlé, et qui comprendra 400 lampes à incandescence de 16 bougies a donné les résultats suivants :

Société d'électricité et hydraulique de Charleroi..... ..... fr. 67.000
Société Phenix-Edison de Gand..... 69.000

Il y aura deux machines de 25 chevaux et deux dynamos de 300 ampères.

Le nouveau cuirassé de la marine suédoise, le « Svea » a été pourvu d'une installation d'éclairage électrique comprenant 132 lampes à incandescence de 16 bougies; la dynamo donne à une vitesse de 900 tours par minute une intensité de courant de 140 ampères, et sa construction permet d'éteindre les quatre cinquièmes des lampes, sans qu'il se produise aucune variation.

La dynamo est actionnée par une machine à vapeur à trois cylindres reliée directement avec son axe; le régulateur est du système Soderstrom et maintient dans toutes les circonstances le moteur à la même vitesse,

quel que soit le nombre des lampes en fonction.

Le pont du navire est éclairé au moyen de deux grandes lampes à arc avec des régulateurs à main. L'une d'elles est placée entre deux réflecteurs Mangin, avec des miroirs d'un diamètre de 60 centimètres. Ces lampes sont actionnées par un moteur à trois cylindres, pareil à celui qui sert pour les lampes à incandescence. L'installation qui présentait plusieurs difficultés a été faite par l'usine Ericson, de Stockholm.

La « Carlton Club » à Londres, va prochainement être entièrement éclairée à la lumière électrique; MM. Thompson et Ritchie ont été chargés de faire l'installation.

La municipalité de Chicago vient de traiter avec la « Western Electric C° », pour l'éclairage électrique de la ville.

La « Fort Wayne Jenney Electric Light C° », a protesté contre la légalité de cette décision.

La nouvelle usine centrale d'électricité de la Compagnie Brush, à New-York, sera bientôt terminée et pourra fournir 2000 chevaux, dont une grande partie sera absorbée par des moteurs électriques, dont il y a déjà un grand nombre sur les circuits. Ces appareils sont loués aux consommateurs par la Compagnie.

Télégraphie et Téléphonie

Pendant le mois de juillet dernier, 41,175 télégrammes ont été échangés en Belgique par téléphone, entre les abonnés des réseaux téléphoniques et les bureaux télégraphiques de raccordement, savoir : 8,789 à Anvers; 8,706 à Bruxelles; 4,709 à Liège; 4,151 à Charleroi; 4,023 à Gand; 2,704 à Mons; 1,873 à Verviers; 1,779 à Namur; 1,678 à Louvain; 767 à Courtrai; 640 à Ostende; 402 à La Louvière; 332 à Malines; 234 à Alost; 208 à Roulers et 180 à Termonde.

Le syndicat de Philadelphie dont nous avons annoncé la formation pour l'introduction du téléphone en Chine, vient d'obtenir du gouvernement chinois un monopole de 50 ans, pour l'installation de réseaux téléphoniques dans l'Empire.

L'administration des télégraphes danois vient de publier son rapport pour l'année 1885 auquel nous empruntons les détails suivants :

Dans le courant de l'année 1885, le réseau télégraphique danois s'est accru d'une longueur de 82 kilom. de ligne avec un développement de fil de 109 kilom.

A la fin de l'année, sa longueur totale était de 3893 kil. de ligne ayant un développement de 10 882 kil. de fils.

Sur ces lignes, 884 kilomètres avec un développement de fils de 2965 kilomètres étaient placés le long des voies ferrées, tandis que les lignes longeant les chaussées et les routes avaient une longueur de 2837 kilomètres, avec développement de fils de 6905 kil.

Le réseau comprenait en outre 168 kil. de lignes sous-marines avec un développement de 891 kil. de fils et 4 kil. de lignes souterraines avec 121 kil. de fils.

Une ligne servait de prolongement terrestre au câble de la granne Compagnie des télégraphes du Nord entre Moen et Bornholm.

Dans le courant de l'année 1885, il a été ouvert 4 nouveaux bureaux télégraphiques de l'Etat et 2 stations télégraphiques de chemins de fer; le nombre total des bureaux danois s'élevait aux chiffres ci-après :

Bureaux de l'Etat.....	153
» de chemins de fer	194
	347

Parmi les bureaux de chemins de fer, 3 sont ouverts aussi bien à la correspondance internationale qu'à la correspondance intérieure, tandis que les autres desservent exclusivdment la correspondance intérieure.

Dans les 153 bureaux de l'Etat sont comprises 5 stations télégraphiques affectées au service de la défense des côtes et les quatre bureaux sémaphoriques de Hammershus, Hanstholm, Hirsthals et Skagen-Fyr.

Le nombre des dépêchés déposées dans les différents s'élevait en 1885 à 714286 ce qui donne une moyenne de 36 télégrammes par 100 habitants.

Il a été ouvert 4 bureaux téléphoniques publics qui ont été reliés aux bureaux télégraphiques de l'Etat.

Le rapport de l'Administration danoise se termine par les renseignements sur l'importance des opérations des stations sémaphoriques pour l'année 1885.

Il en ressort notamment que le nombre des télégrammes sémaphoriques soumis à la taxe représente un peu plus du sixième du nombre total des correspondances échangées par les sémaphores et que les télégrammes internationaux y figurent à peine pour 1,22 o/o.

D'après les indications fournies par la Compagnie «Eastern Telegraph» dans son tarif de Juillet 1887, la longueur totale de ses câbles sous-marins est actuellement de 19255 milles marins, en augmentation de 417 milles.

La Compagnie «Eastern» exploite en outre 1500 milles de lignes terrestres qu'elle a fait établir elle-même, et 1845 milles de lignes de même espèce qu'elle tient en location. Le nombre de ses stations est de 56 et elle possède 5 navires spécialement aménagés pour le service de la pose et de l'entretien des câbles sous-marins.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 10 SEPTEMBRE 1887 N° 37

SOMMAIRE. — Quelques remarques sur les considérations critiques de M. Luvini concernant la théorie de l'induction dite unipolaire ; Edlund. — La télégraphie sous-marine ; E. Wunschendorff. — A propos du télégraphe imprimeur Kiefer ; K...e. — L'exploration des champs magnétiques entourant les dynamos ; W.-C. Rechniewski. — Le rôle de l'électricité dans la cristallisation ; C. Decharme. — Dispositif de transmission multiplex pour communications téléphoniques ; D. Tommasi. — Revue des travaux récents en électricité : Sur le travail des téléphones et des machines alternatives, par M. Mascart. — Les photographies d'éclairs. — Sur la polarisation magnétique circulaire du nickel et du cobalt, par M. du Bois. — Essais de machines dynamos, modification de la méthode de Cardew, par M. Hummel. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Faits divers.

QUELQUES REMARQUES SUR LES

CONSIDÉRATIONS CRITIQUES DE M. LUVINI

CONCERNANT

LA THÉORIE DE L'INDUCTION

DITE UNIPOLAIRE

M. Luvini a essayé de réfuter ma théorie de l'induction dite unipolaire (1). Comme il serait trop long de répondre en détail aux remarques de ce savant, je n'en examinerai que quelques-unes. Cet examen suffira, je l'espère, à montrer que la critique de M. Luvini repose sur une méprise compliquée de notions vagues et confuses, et que par conséquent il est impossible d'y attribuer une importance quelconque dans l'examen de la matière en question.

M. Luvini commence par citer, en l'appuyant, une observation du Dr G.-B. Ermacora (2), d'après laquelle, la théorie de l'électricité atmosphérique que j'ai exposée, et qui est fondée sur la théorie de l'induction unipolaire, « est en contradiction avec le principe de la conservation de l'énergie », vu que les courants électriques produits le sont aux dépens de la rotation de la terre ; celle-ci diminuerait donc sans que cette diminution soit compensée par une énergie équivalente.

M. Luvini poursuit : « M. Hoppe a fait davantage : il a détruit le fondement qui, seul, pouvait être sérieux pour la théorie de M. Edlund, celui de l'expérience ».

En ce qui concerne d'abord la remarque de M. Ermacora, il est vrai que les courants électriques de l'atmosphère se produisent « aux dépens de l'énergie du mouvement de rotation de la terre ». Mais il faut bien se rappeler que ces courants engendrent de la chaleur, et que la chaleur engendrée est équivalente au travail consommé. L'énergie n'est donc nullement détruite, comme le pensent MM. Ermacora et Luvini, mais elle continue à exister sous la forme de chaleur, et le principe de la conservation de l'énergie est par le fait intégralement maintenu.

Le ralentissement que la production des courants électriques tend à amener dans la rotation de la terre, est sans doute trop insignifiant pour qu'il soit possible de l'observer, comme c'est le cas pour le ralentissement produit par l'action des marées, ou de la modification que peut ap-

(1) Voir *La Lumière Electrique*, T. XXV, p. 77, (1887).

(2) Voir *La Lumière Électrique*, T. XXI, p. 591. (1886).

porter à cette rotation l'augmentation de la masse de la terre par les chutes météoriques.

Pour ce qui concerne la critique de M. Hoppe, il est curieux que l'attention de M. Luvini se soit portée si spécialement sur les deux mémoires de ce savant (Tomes XXVIII et XXIX des *Annalen der Physik und Chemie*), tandis qu'il paraîtrait ne pas avoir vu mes deux réponses (Tomes XXIX et XXX des mêmes annales), réponses qui, comme tout lecteur impartial devra le reconnaître, contiennent une réfutation complète des remarques de M. Hoppe.

M. Luvini ajoute : « Après les expériences de M. Hoppe et les considérations de M. Ermacora, je pourrais me dispenser d'ajouter d'autres raisonnements et d'autres faits contre une doctrine dont les bases sont ébranlées ; mais, comme quelques physiciens connus se sont basés sur cette doctrine pour bâtir de nouvelles théories, et que d'autres lui ont donné une sanction non méritée, selon moi, je crois de mon devoir de continuer la discussion et de réduire cette théorie à sa juste valeur ».

Et M. Luvini poursuit : « La théorie de M. Edlund n'est qu'un échafaudage d'hypothèses ».

Mon mémoire sur la *Théorie de l'induction unipolaire* [1] se trouve cité dans la note de M. Luvini, et l'on est par conséquent en droit de supposer qu'il en connaît plus ou moins le contenu.

Dans ce mémoire, je pars du principe de la conservation de l'énergie, et j'en déduis la loi de l'induction unipolaire exprimée par une formule mathématique (n° 5 de mon mémoire). Cette formule ne sert toutefois pas au calcul de la grandeur de l'induction : j'en emploie une autre (n° 6 du mémoire) dont je prouve mathématiquement l'identité avec la première. Cette formule (6) devra naturellement donner des résultats corrects, vu qu'elle est, je le répète, identique avec la précédente.

A l'aide de cette même formule, je prouve ensuite, par la voie mathématique, que l'ancienne théorie, telle qu'elle a principalement été développée en Allemagne, est en opposition flagrante avec la théorie de la chaleur, avec laquelle celle présentée par moi offre, au contraire, une conformité complète.

Mes déductions sont parfaitement correctes, et l'on cherchera vainement à y découvrir une seule hypothèse. L'allégation de M. Luvini que ma théorie de l'induction unipolaire « n'est qu'un échafaudage d'hypothèses », est par conséquent parfaitement en l'air.

Si l'on admet que le fluide électrique est entraîné dans la direction que suit l'élément du conducteur, en donnant, ainsi, naissance à un courant dans cette direction, on trouve que la formule (6) employée n'exprime pas autre chose que la loi connue de Biot-Savart, concernant l'action d'un pôle magnétique sur un élément de courant.

Cette circonstance ne rend naturellement pas la formule (6) inemployable, puisqu'il a été démontré, une fois pour toutes, qu'elle est identique avec la formule déduite directement de la théorie mécanique de la chaleur.

M. Luvini croit toutefois y avoir trouvé l'erreur fondamentale de ma théorie. Il écrit, en soulignant: « M. Edlund a confondu l'action électrodynamique des courants galvaniques et des courants d'Ampère avec l'action magnéto-électrique. Je n'ai pas besoin de m'expliquer davantage sur ce point, car c'est une question qui appartient à la partie élémentaire de la science. »

Le fait que la même formule (6) donne, dans tous les cas d'induction unipolaire connus, des résultats parfaitement conformes à l'expérience, ne constitue pas non plus, pour M. Luvini, la preuve de la rectitude de l'hypothèse d'où elle est déduite. Ainsi, l'erreur fondamentale que M. Luvini croit avoir trouvée dans ma démonstration, cette erreur n'existe par conséquent pas.

M. Luvini prétend que je me suis rendu coupable de contradictions dans ma démonstration. Cette allégation est due à ce qu'il n'a pas compris mon exposé.

Ayant la conviction que l'air atmosphérique ne manque pas totalement de conductibilité électrique, je n'ai pas non plus admis, comme M. Luvini semble vouloir l'insinuer, que le fluide électrique se trouve invariablement fixé aux molécules de l'air. Or, c'est justement là que, de l'avis de M. Luvini, se trouverait une de mes contradictions. La seconde prétendue contradiction que M. Luvini me reproche, est dûe à ce que cet électricien a confondu la rotation de l'aimant avec sa translation.

[1] Mémoires (*Handlingar*) de l'Académie Royale des Sciences de Suède, T. XXII, n° 5, (1887). — *Annales de Physique et de Chimie*, T. XI, juin 1887.

Telle est, aussi succinte qu'il ma été possible de la faire, ma réponse aux remarques de M. Luvini.

Il y aurait sans doute encore beaucoup à dire, mais l'exposé qui précède suffira, je l'espère, à montrer à tout lecteur impartial, la valeur qu'il y a lieu d'attacher aux critiques de M. Luvini.

Je profite de cette occasion pour ajouter quelques mots concernant un autre travail de M. Luvini, sur la conductibilité électrique des gaz, vu que cette matière se rattache, en quelque sorte, à la précédente. M. Luvini a essayé de prouver, par ses expériences, que les gaz sont des isolateurs complets de l'électricilé (1). J'ai combattu, dans un travail plus récent (2), la justesse des déductions que M. Luvini a cru pouvoir tirer de ces expériences, et j'ai attiré l'attention sur ce point, que l'on doit bien se garder de négliger, dans l'interprétation d'expériences pareilles, ce fait que le contact entre le corps solide et le gaz dont il est entouré, constitue un obstacle puissant (une force électromotrice inverse) au passage de l'électricité. Cet obstacle produit le même effet que si le gaz lui-même était non-conducteur. M. Luvini dit que la supposition d'une résistance pareille « ne manque que de la sanction de l'expérience. » Il m'est parfaitement impossible de comprendre une allégation aussi étrange, vu que c'est précisément par la voie de l'expérience que l'on a découvert la résistance en question. Prouver ici que cette résistance existe, exigerait une place pas trop grande. Je me contente, en conséquence, de renvoyer à la littérature sur la matière.

Je mentionnerai, spécialement à cet égard, les expériences de M. le professeur Von Lang, sur l'arc voltaïque.

Pour ce qui concerne la supposition de M. le Dr Boudet (3), de Paris, et de M. Gaston Planté (4), que cette résistance ne doit pas être cherchée à la surface de contact entre le corps solide et le gaz, mais bien « sur les tubes de verre dans lesquels les gaz sont renfermés », cette supposition tombe devant le fait que le même phénomène se présente quand le gaz n'est pas enfermé dans un tube.

(1) *La Lumière Electrique*, t. XXI, p. 529, (1885).
(2) *La Lumière Électrique*, t. XXIII, p. 551, (1887).
(3) *La Lumière Électrique*, t. VI, p. 454, (1882).
(4) *La Lumière Électrique*, t. X, p. 489, (1885).

Je ne conteste pas la justesse des observations de M. Luvinî sur la résistance électrique des gaz, mais je nie la justesse des déductions qu'il en veut tirer. C'est une observation correcte que le soleil se lève à l'Est et qu'il se couche à l'Ouest ; mais il serait incorrect d'en tirer la conclusion que cet astre est en rotation autour de la terre, car une conclusion pareille se trouverait en contradiction flagrante avec d'autres phénomènes. Cette comparaison est à peu près applicable aux déductions que M. Luvini a cru pouvoir tirer de ses observations.

G. Edlund

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE (1)

DEUXIÈME PARTIE

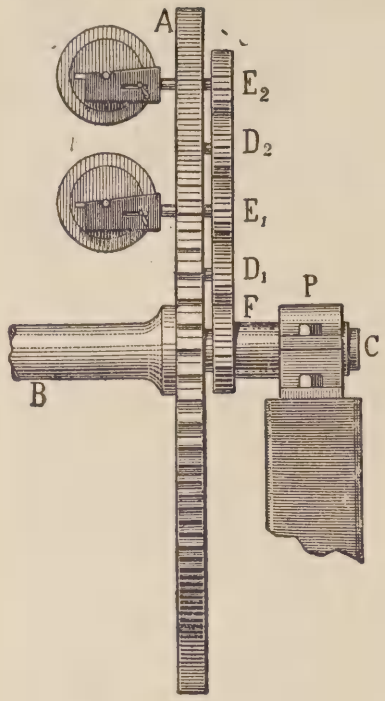
COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

β. *Câbles intermédiaires*

La machine à recouvrir de fils de fer les câbles intermédiaires a beaucoup d'analogie avec celle qui sert à armer les câbles de mer profonde ; nous nous bornerons à décrire les organes qui diffèrent dans les deux systèmes.

Les bobines de fils de fer sont portées par une seule roue en fonte A (fig. 102) de grandes dimensions, formée de secteurs rapprochés et boulonnés les uns contre les autres et dont l'axe creux B C donne passage à l'âme préalablement recouverte de chanvre. Cette roue présente des nervures percées de trous, les unes circulaires et concentriques à la roue elle-même, les autres radiales et sur lesquelles sont vissées des plaques de tôle : sa périphérie est dentée. Sur sa face postérieure, se trouvent, en très grand nombre, de petites roues dentées, toutes de même diamètre, engrenant les unes avec les autres, et disposées régu-

(1) Tous droits de reproduction et de traduction réservés — Voir *La Lumière Électrique* du 23 juillet 1887.



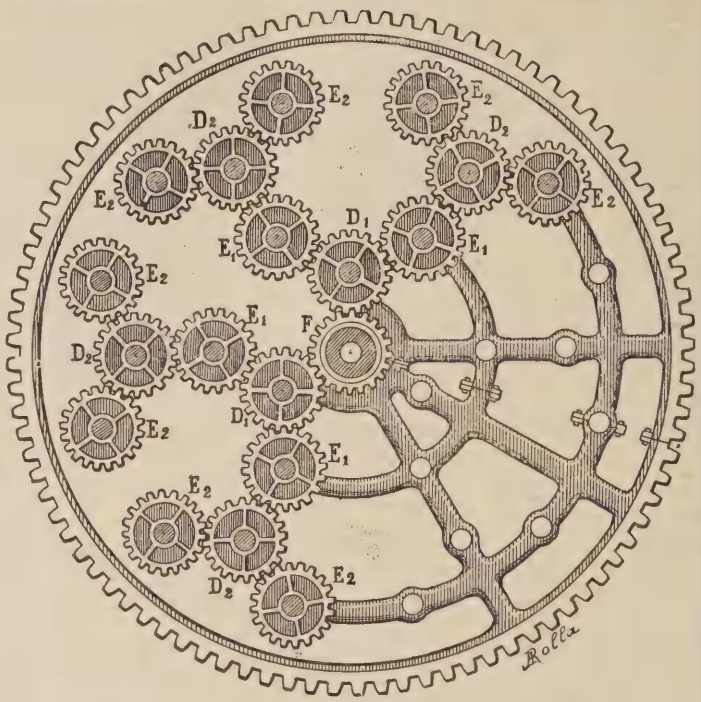


Fig. 102

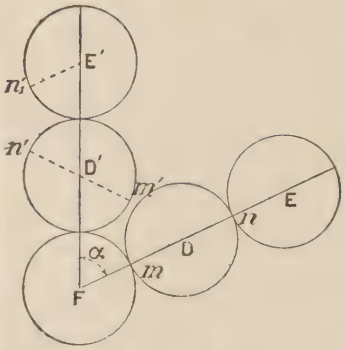


Fig. 103

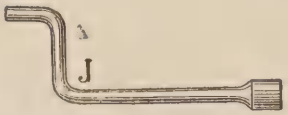


Fig. 105

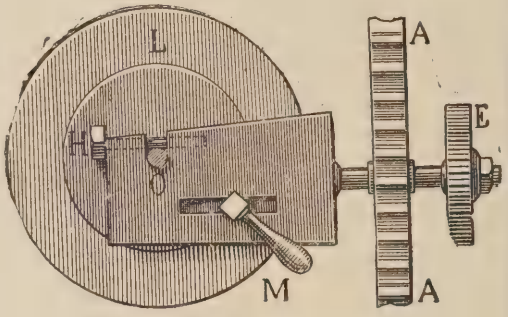
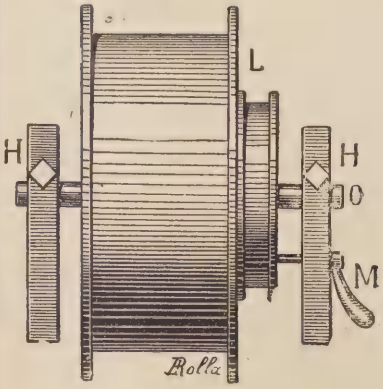


Fig. 106



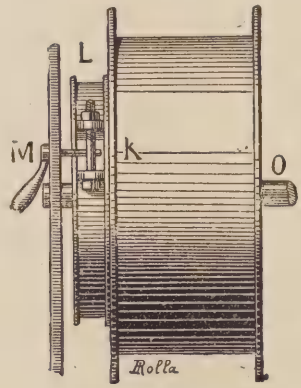
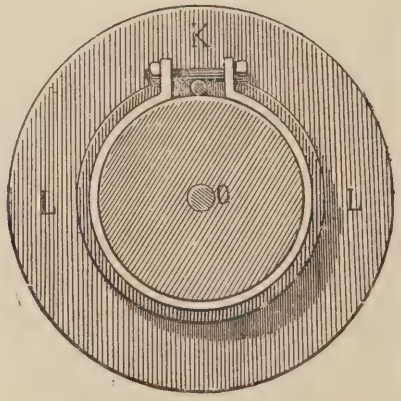


Fig. 104



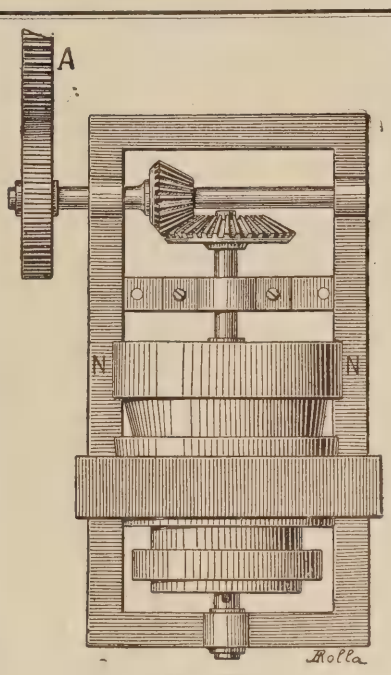
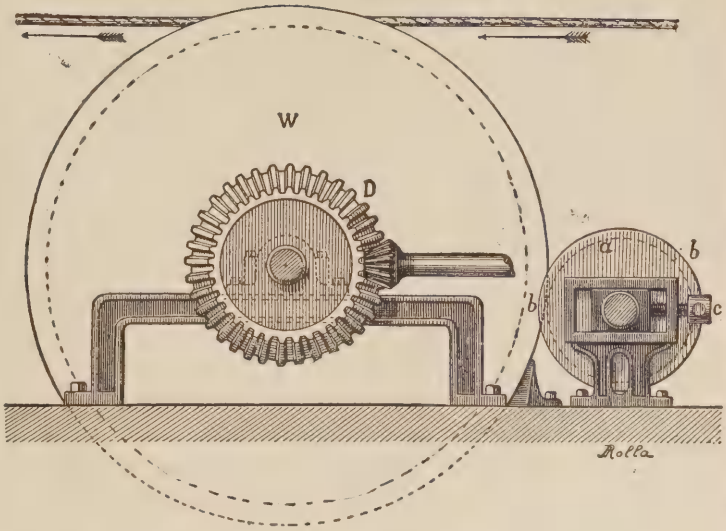


Fig. 107



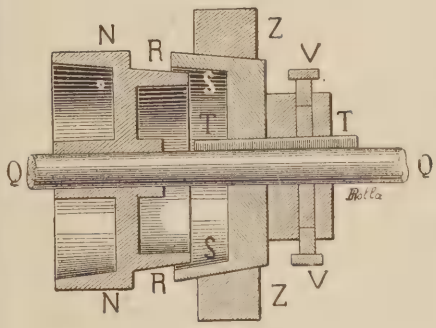


Fig. 108

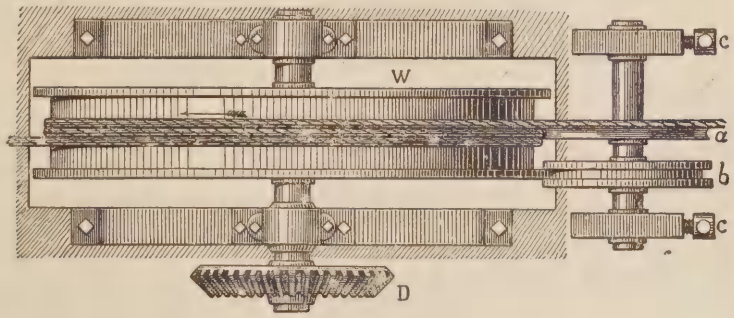


Fig. 110

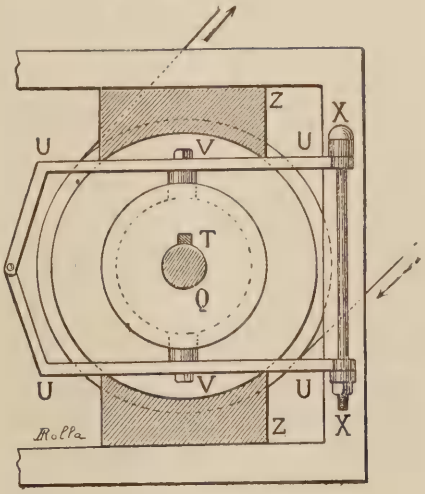


Fig. 109

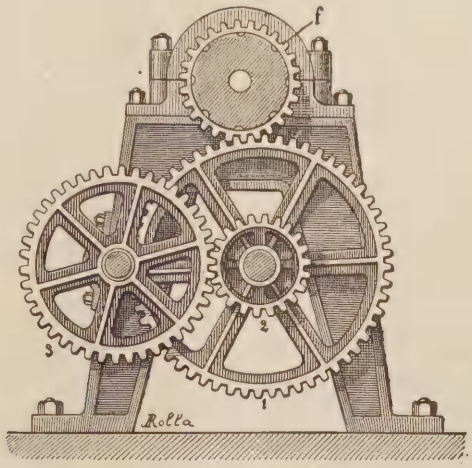


Fig. 111

lièrement sur des circonférences concentriques D_1 D_1..., E_1 E_1..., D_2 D_2..., E_2 E_2... Ces roues sont montées sur des axes qui passent à travers les trous pratiqués dans les nervures. Sur la face opposée de la roue A, les axes des roues D_1 et D_2 portent un simple arrêt pour les maintenir en position ; ceux des roues E_1 et E_2 se prolongent et se terminent par une fourchette qui reçoit l'axe des bobines chargées de fils de fer. Les roues D_1 enfin, engrènent avec une roue F ayant également le même diamètre et le même nombre de dents et qui est liée invariablement au palier P: cette roue F est conséquemment *fixe* et ne participe ni au mouvement des roues D, ni à celui de l'arbre creux B C.

Il est facile de voir que les roues E_1 et E_2, emportées dans le mouvement général de rotation de la roue A, tournent toutes autour de leur centre particulier, d'un angle égal et de sens opposé à celui qu'elles décrivent dans le même temps autour de l'axe creux B C, de telle sorte que leur mouvement absolu est une translation circulaire autour de cet axe. Soient, en effet, (fig. 103), à un instant quelconque, m et n, les points de contact d'une roue D avec la roue fixe F et une roue E; nous supposons pour la simplicité du raisonnement, que les centres des circonférences primitives de ces trois engrenages sont en ligne droite. Soit, en outre, α l'angle dont tourne la roue A dans un temps donné, à partir de la position considérée : les roues D et E se trouveront transportées en D′ et E′. La position m' de l'ancien point de contact m des roues D et F s'obtiendra en faisant l'angle F D′ $m' = \alpha$; le point n' situé à l'autre extrémité du diamètre m' n' représentera la position qu'occupe sur la roue D′ l'ancien point de contact n des roues D et E. Pour avoir la nouvelle position n'_1 de ce même point de contact sur la roue E′, il suffit de faire l'angle F E′ $n'_1 = n'$ D′ E′ = F D′ $m' = \alpha =$ E′ F E. Il en résulte que les lignes E′ n'_1 et E n sont parallèles, et que par conséquent la roue E a simplement été transportée parallèlement à elle-même.

La proposition subsiste si les centres des trois roues considérées ne sont pas en ligne droite et si la roue intermédiaire D a un diamètre différent de celui des roues E et F : il suffit, dans ce dernier cas, de substituer dans le raisonnement, aux angles décrits, les chemins parcourus sur les circonférences primitives des engrenages.

D'après cela, il est manifeste que si les axes des bobines de fil de fer sont, au départ, disposées horizontalement sur les fourchettes, qui portent les axes des roues E_1 et E_2, cette horizontalité se conservera pendant la rotation de la grande roue A, et les fils de fer se dérouleront sans aucune torsion, résultat que l'on s'était précisément proposé d'obtenir.

Les bobines (fig. 104) sont en tôle et traversées par un axe en acier O dont les deux extrémités reposent sur les deux branches d'une fourchette : cet axe est maintenu dans sa position par une vis H que l'on manœuvre à l'aide d'une clef J (fig. 105). L'une des joues de chaque bobine est liée à une poulie en tôle, d'un diamètre plus faible que la bobine, et sur laquelle on enroule une bande de cuivre LL dont les deux extrémités

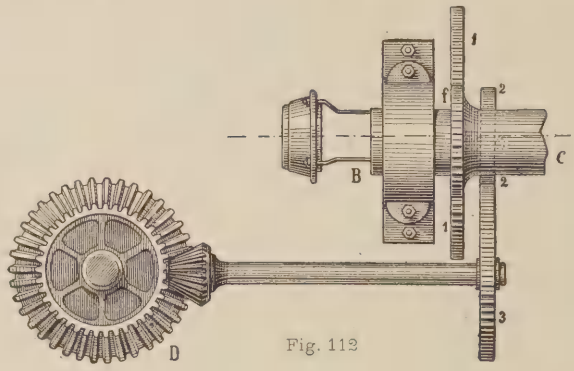


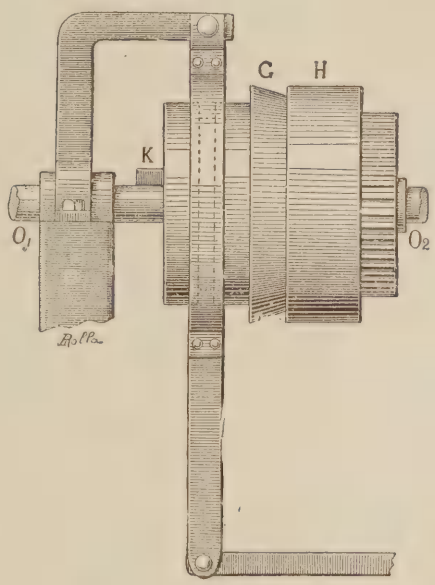
Fig. 112

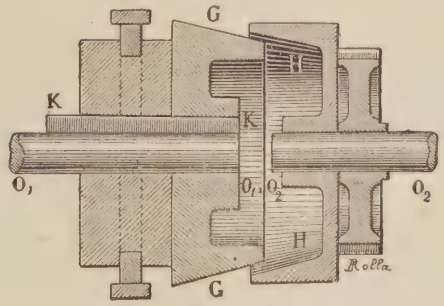
sont rapprochées au moyen d'une vis K : en regard de cette vis se trouve, dans la branche voisine de la fourchette, une fente longitudinale (fig. 106) à travers laquelle on engage à refus une tige munie d'une manette M. La bande de cuivre frotte alors sur la poulie et agit comme un frein pour modérer la rotation de la bobine et par suite le déroulement du fil de fer qu'elle porte : on règle la tension du fil en serrant ou desserrant la vis K.

La grande roue A, dentée, comme nous l'avons vu, reçoit le mouvement, par l'intermédiaire d'une série d'engrenages, d'une poulie N (fig. 107) reliée par une courroie à l'arbre de couche. Cette poulie (fig. 108) est folle sur son arbre Q et porte latéralement une partie tronc-conique R qui peut s'emboîter à frottement dans une autre pièce tronc-conique S qu'on peut faire glisser sur une saillie T de l'arbre Q. En appuyant sur le cadre U, (fig. 109) mobile autour de l'axe X, et que traversent les goujons V, on emboîte l'une dans dans l'autre les deux pièces R et S et l'arbre Q

tourne avec la poulie N; en faisant le mouvement inverse, la poulie redevient folle, et la surface extérieure de la pièce S s'applique contre le frein en bois Z qui absorbe rapidement la force vive de la grande roue.

Le tambour d'appel (fig. 110) de cette machine ne diffère de celui que nous avons déjà décrit, qu'en ce que la roue à gorge *a* qui presse le câble contre le tambour, n'a pas de commande. Pour l'empêcher de se déplacer longitudinalement, une roue *b* qui embrasse la joue du tambour W, est montée sur le même axe que la roue *a*. Les vis *c* permettent de déplacer cet axe perpendiculairement à sa longueur d'une petite quantité : on les ajuste d'après la grosseur du câble que l'on fabrique. Le tambour reçoit son mouvement, par l'inter-





Fsg. 113

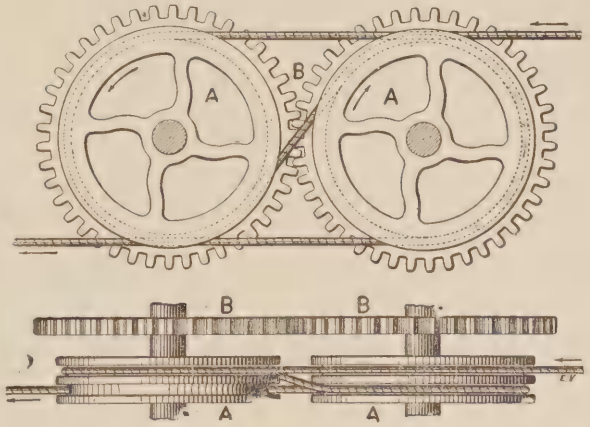


Fig. 114

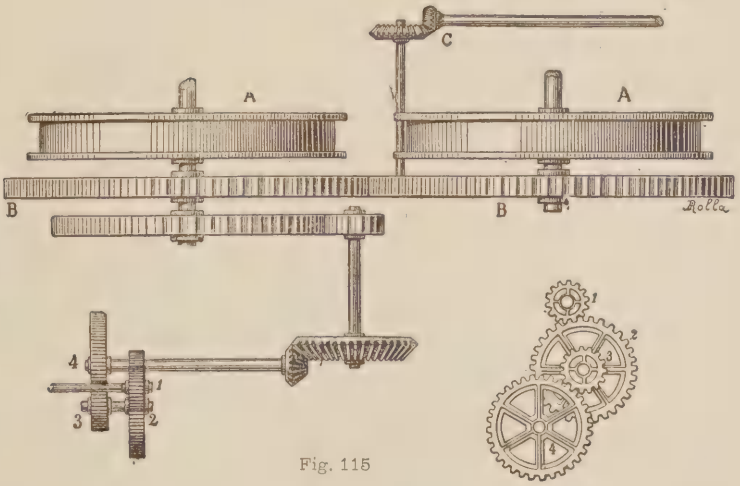


Fig. 115

médiaire d'un système d'engrenages numéroté 1, 2 et 3 sur les fig. 111 et 112, d'une roue dentée *f* montée sur l'arbre creux BC, et placée en avant de l'appareil à torsion.

γ. — *Câbles d'atterrissement*

La machine à recouvrir de fils de fer les gros câbles d'atterrissement est construite d'après les mêmes principes que celle servant à armer les câbles intermédiaires, et n'en diffère que par ses dimensions, qui sont en général beaucoup plus fortes, et quelques détails que nous indiquerons succinctement.

L'embrayage et le débrayage de l'arbre moteur se font à l'aide d'un double manchon tronc-conique GH (fig. 113), à emboîtement, analogue à celui de la machine de câble intermédiaire et monté sur un arbre O_1 O_2 parallèle à l'arbre moteur. Cet arbre est composé de deux pièces O_1 et O_2 situées dans le prolongement l'une de l'autre; la partie femelle H du manchon est calée sur l'arbre O_2,

la partie mâle G peut glisser longitudinalement sur une saillie K de l'arbre O_1.

Le frein destiné à arrêter rapidement la machine est supprimé, la masse des organes que l'arbre moteur met en mouvement suffisant à absorber rapidement sa force vive, lorsque la communication avec l'arbre de couche est interrompue.

Le câble d'atterrissement ne pouvant, par suite de la raideur de ses fils de fer, supporter sans inconvénient l'enroulement sur une circonférence de petit diamètre, passe en formant une sorte d'S renversé sur deux tambours à double gorge AA, (fig. 114), placés l'un à la suite de l'autre et mûs en sens contraire par deux roues dentées BB engrenant ensemble et dont la première commande la seconde. La figure 115 montre les détails de la transmission du mouvement de l'arbre O_2 aux deux tambours. L'une des roues B engrène en outre avec un pignon qui, par l'engrenage conique C, donne la commande aux appareils à couvrir de jute le câble armé.

C. — *Enveloppes de toile et composition bitumineuse*

En 1858, MM. Clark, Braithwaite et Preece appliquèrent sur l'armature en fer d'un câble destiné à relier l'île de Man à l'Angleterre, une couverture d'asphalte et de chanvre, dans le but de retarder la destruction par l'eau de mer de la galvanisation des fils. Ils firent passer le câble à travers une bassine animée d'un mouvement de rotation et contenant à la fois les bobines de fils de chanvre et de l'asphalte maintenu à l'état liquide par un feu de charbon de bois placé sous le récipient. L'isolement du câble fut gravement endommagé par ce procédé dont l'idée fut reprise et perfectionnée par Sir Ch. Bright, en 1862. La nouvelle composition était un mélange de 65 parties, en poids, de poix minérale, 36 de silice en poudre et 5 de goudron : la silice avait été ajoutée en vue de briser le dard des toredos qui chercheraient à se faire jour à travers l'enveloppe extérieure pour arriver jusqu'à l'âme du câble.

Au lieu de faire passer le câble dans la composition liquide, sir Ch. Bright imagina de verser celle-ci sur le câble par petites fractions, en suspendant automatiquement l'opération à chaque arrêt de la machine à fer ; de cette manière, la température à laquelle le câble se trouvait soumis, ne pouvait jamais atteindre un degré préjudiciable à l'âme. Le câble passait ensuite entre une paire de rouleaux compresseurs qui forçaient une partie de la composition à pénétrer dans les intervalles des fils de fer, dont elle remplissait tous les insterstices, et égalisaient la surface extérieure du câble. Toute cette série d'opérations était rendue solidaire du recouvrement de chanvre et de fils de fer, de manière à éviter les retards, les dépenses et surtout les inconvénients graves résultant de plusieurs lovages successifs.

Le procédé de sir Ch. Bright a été appliqué à tous les câbles qui ont été fabriqués depuis son invention. MM. Johnson et Philipps se sont bornés à remplacer, en 1872, les fils de chanvre par une double enveloppe de toile préalablement goudronnée ; la toile est plus résistante que des fils isolés, maintient mieux en place les fils de fer qui viennent à se casser pendant la pose, et enfin offre plus de difficultés au passage des animaux sous-marins qui cherchent à attaquer le jute ou la gutta.

On supprime, quelquefois, complètement le goudron dans cette composition : les câbles de la *Western and Brazilian Company* sont recouverts d'une mixture de 60 parties de poix minérale et de 40 parties de silice.

A *Silvertown* et dans les usines de la *Telegraph Construction and Maintenance Company*, le câble en sortant des tambours est recouvert d'abord d'une couche de composition bitumineuse froide et légèrement sirupeuse à la température ordinaire. Cette mixture est contenue dans une caisse en fer A (fig. 116) dans laquelle plonge une chaîne en fer sans fin, à gros anneaux, qui s'enroule autour de deux poulies B et C. L'excès de mixture entrainée par la chaîne, tombe de la poulie B sur le plan incliné D qui le dirige sur le câble : une filière E (fig. 117) étend et régularise la couche de mixture, en force une partie à pénétrer dans les intervalles des fils de fer, et fait retomber l'excédent non employé dans la caisse A.

Le câble est recouvert ensuite d'une première bande de toile goudronnée enroulée en hélice. A cet effet, il pénètre dans un arbre creux ABC (fig. 118) soutenu par deux paliers P et percé à son autre extrémité d'une fenêtre longitudinale *m* de 15 à 20 centimètres de longueur, sur 2 ou 3 centimètres de largeur ; l'arbre est mis en mouvement par une courroie qui s'enroule sur la poulie S accouplée quelquefois avec deux autres poulies S′ et S″, pour le cas où l'on aurait besoin de faire varier la vitesse de rotation de l'arbre creux. A

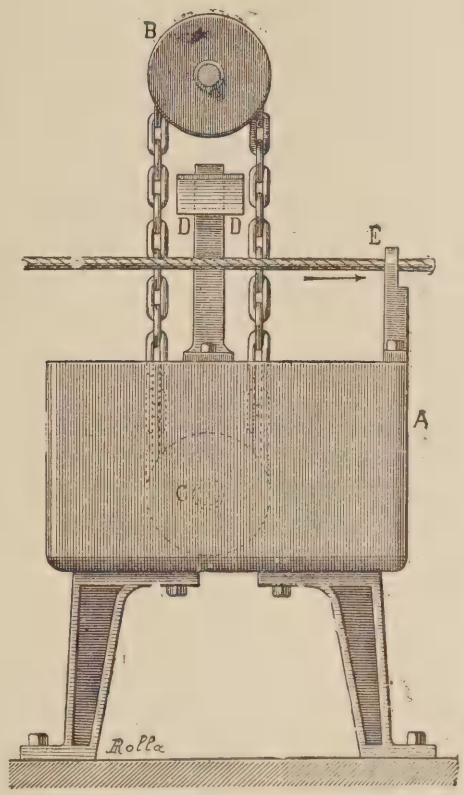


Fig. 118

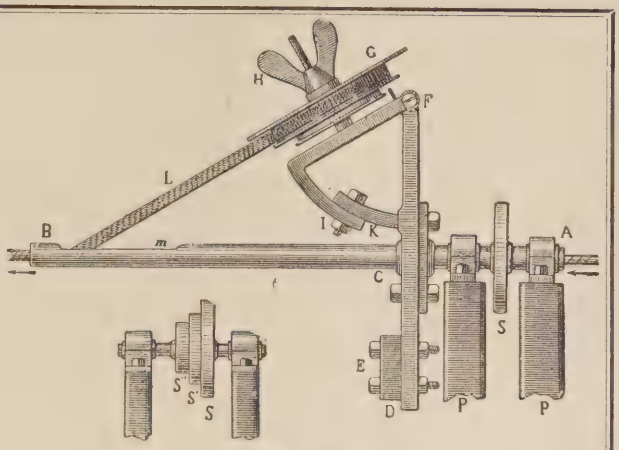
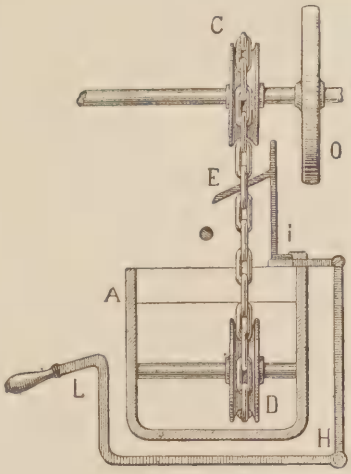
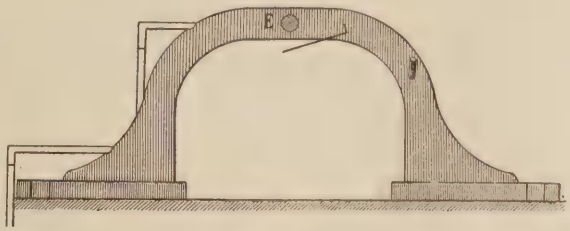


Fig. 119





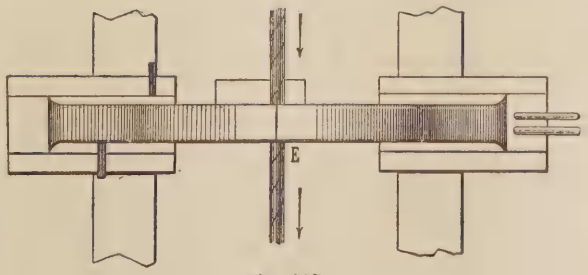


Fig. 117

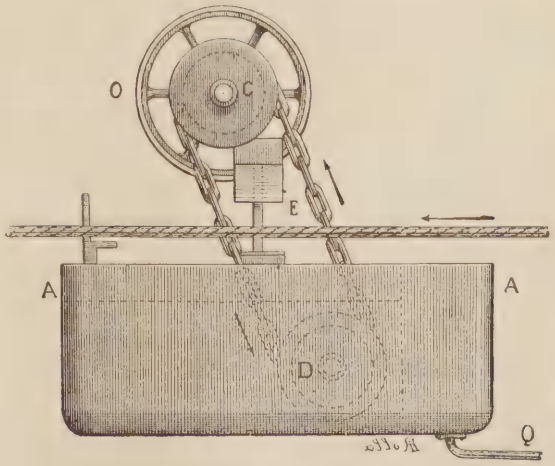


Fig 120

cet arbre est fixé en C un collier muni de deux bras, dont l'un D porte un contrepoids E et l'autre F la bobine G sur laquelle est enroulée la bande de toile goudronnée. La bobine est fixée par une vis à écrou mobile H, sur une pièce coudée IF, articulée en F et maintenue dans une position déterminée par la vis à écrou I ; on serre cette vis sur la tige à coulisse K qui est elle-même boulonnée sur le bras CF.

La bande de toile L passe par la fenêtre *m*, et, en tournant avec tout le système mobile autour de l'axe AB, s'enroule sur le câble en même temps que celui-ci continue sa marche générale, en avant; il en résulte que la bande prend sur le câble une forme héliçoïdale. On obtient une tension convenable de la bande L en agissant sur un petit frein fixé à la bobine G. Pour faire varier le pas de l'hélice, on change l'angle F.

Le goudronnage de la toile s'obtient en faisant passer une large pièce de toile entre deux cylindres A et B disposés en forme de laminoir (fig. 119) ; le goudron, contenu dans une auge D à double enveloppe, est élevé par un troisième cylindre C parallèle aux deux premiers et en contact avec B. L'intérieur des deux cylindres A et B et de la double enveloppe de l'auge D sont chauffés à l'aide d'un courant de vapeur, afin d'éviter la solidification du goudron. Celui-ci est étendu et pressé à travers les fibres de la toile, à son passage entre les deux cylindres lamineurs ; l'excédent est recueilli et reversé dans l'auge contenant le goudron. La pièce de toile refroidie est enroulée sur elle-même, et débitée, à l'aide d'une scie circulaire, en tranches de la largeur voulue.

Par dessus la toile goudronnée, on applique, à chaud, une seconde couche de la composition bitumineuse de MM. Clark et Bright. La mixture est renfermée dans une cuve A (fig. 120) dont le fond est chauffé par la vapeur qu'amène un tuyau Q. La matière fluide est élevée par une chaîne sans fin qui s'enroule sur deux poulies C et D : la majeure partie en tombe de la poulie C sur le plan incliné E et de là sur le câble. Un ouvrier saisit celui-ci plus loin entre les deux branches d'une pince P (fig. 121), qui forme filière de manière à régulariser la couche bitumineuse appliquée sur le câble : une sorte de cuiller adaptée à la pince reçoit l'excès de matière qui est reversée dans la cuve A. Lorsque, pour un motif quelconque, la machine à fer est arrêtée, l'ouvrier agit sur le levier coudé L, mobile autour du point H, et fait glisser dans une rainure I le support du plan incliné E : la matière ne coule ainsi plus sur le câble, bien qu'elle soit toujours entraînée par la chaîne dont la rotation n'est pas interrompue. Cette précaution est nécessaire pour que, par suite de son refroidissement, la mixture ne forme pas sur la poulie C et sur les anneaux de la chaîne exposés à l'air, des blocs solides qu'il serait difficile d'en séparer au moment de chaque nouvelle mise en marche.

Le câble est recouvert ensuite d'une seconde bande de toile goudronnée enroulée en sens inverse de la première, et enduit d'une troisième couche de composition bitumineuse, chaude comme la précédente. Afin d'obtenir une rotation continue des chaînes qui élèvent la mixture dans les diverses caisses, les roues O, O_1, O_2 (fig. 122), qui commandent les poulies supérieures C, C_1, B sur lesquelles passent les chaînes, reçoivent toutes leur mouvement d'une roue R reliée directement par une courroie à l'arbre de couche.

De l'eau froide qui s'échappe d'un long tuyau percé de petits trous est versée immédiatement après, par petits filets, sur le câble, ainsi qu'on le voit sur le dessin général d'assemblage (fig. 123) dans le but d'empêcher la chaleur de la composition bitumineuse de pénétrer jusqu'à l'âme ; cette eau retombe dans une auge placée en dessous.

Pour déterminer l'avancement du câble à partir du tambour sur lequel il s'enroule en sortant de l'appareil à torsion, on le fait passer au fond d'une rainure B creusée dans une roue A (fig. 124) ; une poulie jockey C s'engage dans la rainure et pèse sur le câble. Ces deux poulies recevant des roues d'engrenage D et E des mouvements inverses l'un de l'autre, le câble se trouve saisi comme dans un laminoir et forcé d'avancer. Afin d'obtenir toujours une adhérence suffisante entre la poulie jockey et le câble, malgré les variations de diamètre de celui-ci dans diverses fabrications, l'axe de la poulie jockey C peut se déplacer dans une coulisse verticale. Un levier coudé F, mobile autour d'un axe horizontal G et portant un contrepoids P, presse en H sur l'axe de la poulie jockey et détermine l'entraînement du câble serré entre les deux poulies. On règle la pression exercée sur le câble par la poulie jockey, en déplaçant le contrepoids P le long du levier et le modifiant au besoin. Les poulies A et C reçoivent d'ailleurs leur mouvement, par l'intermédiaire d'engrenages I J

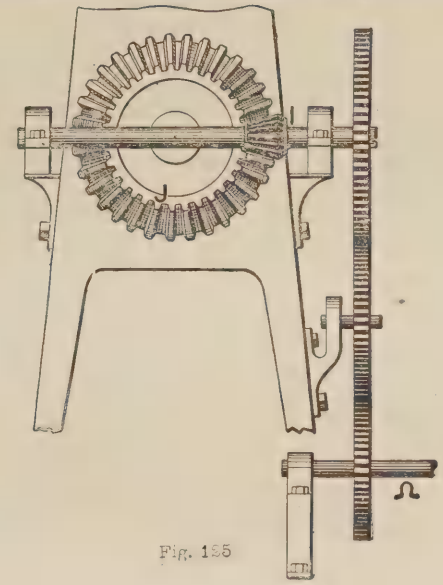
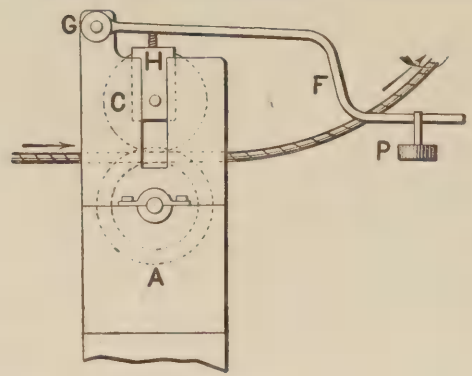


Fig. 125



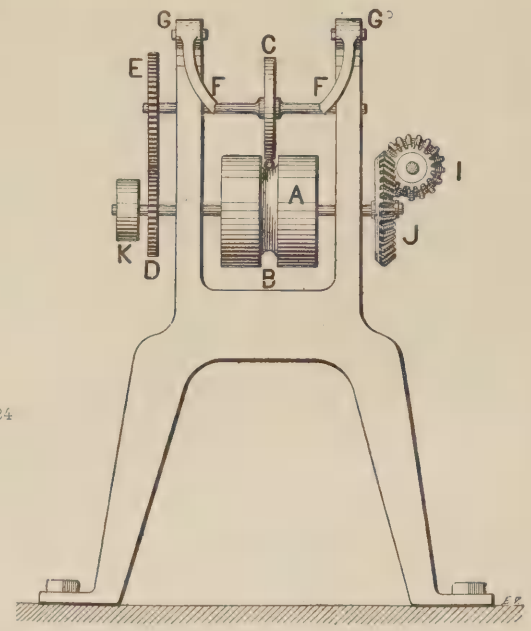


Fig. 124

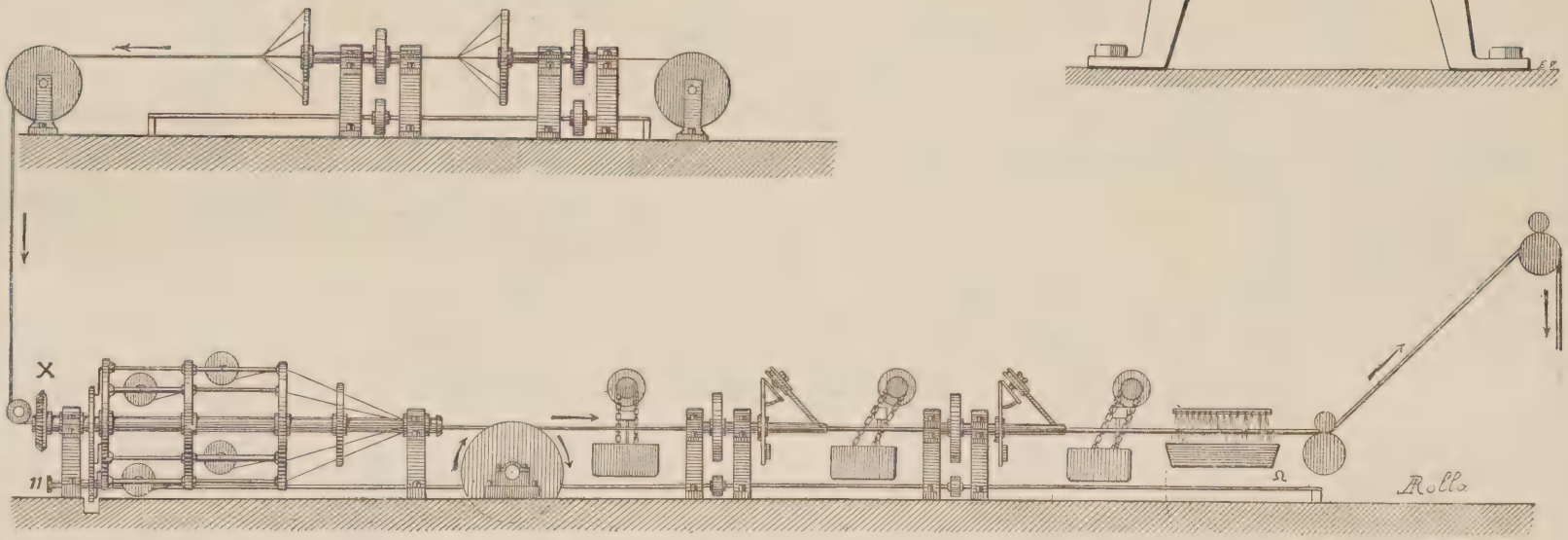


Fig. 123

(fig. 125) de l'arbre que nous avons désigné précédemment (fig. 99) par la lettre Ω.

Le câble se dirige ensuite vers l'axe d'une cuve dans laquelle il est lové à la main par des ouvriers: chaque couche est badigeonnée avec un lait de chaux, pour empêcher les différents tours de

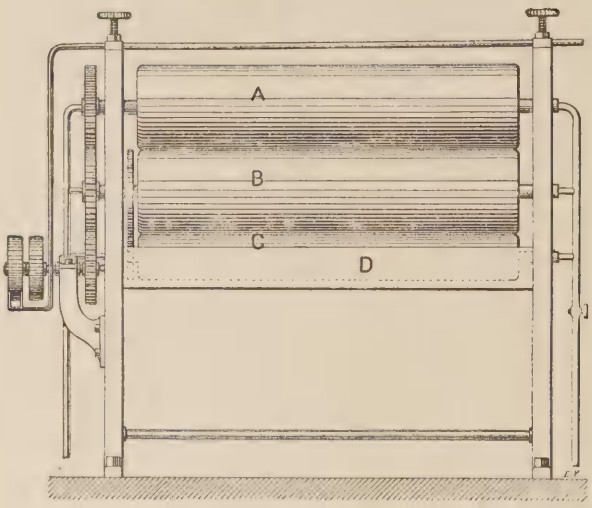


Fig. 119

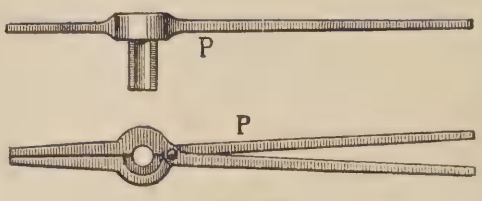


Fig. 121

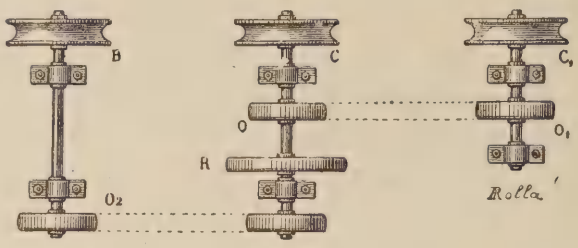
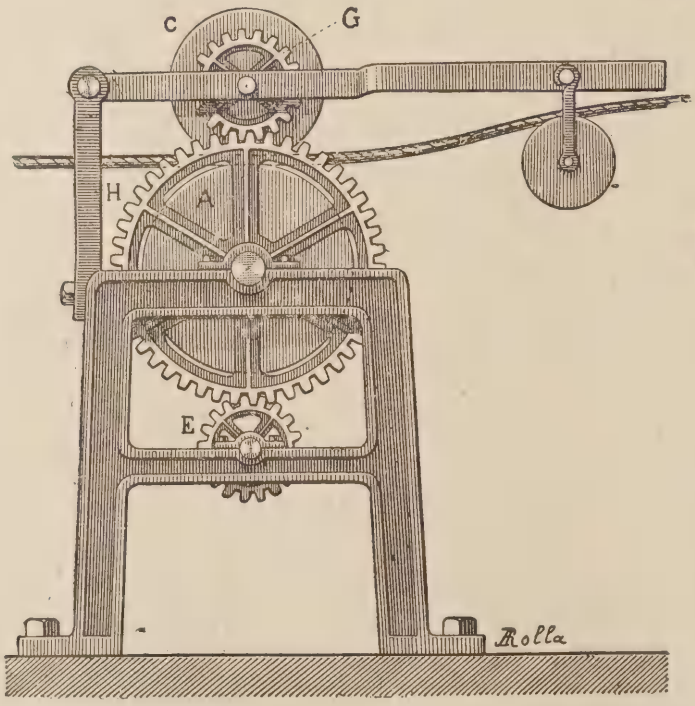


Fig. 122



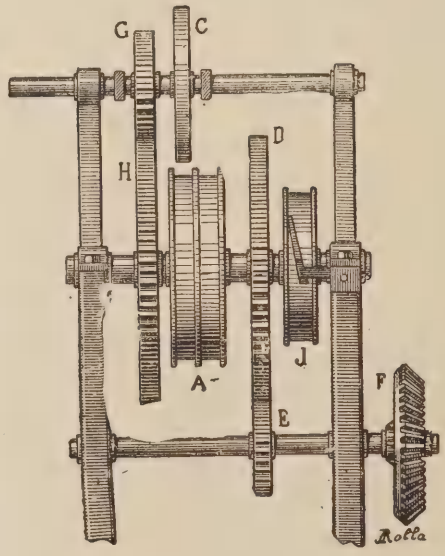


Fig. 126

se coller les uns aux autres. Son mouvement en avant est déterminé par un appareil analogue à celui qui vient d'être décrit et qui est situé au-dessus même de la cuve : il est mû par une courroie qui passe sur la roue K (fig. 124).

L'appel des câbles intermédiaires et d'atterrissement se fait à l'aide d'appareils tout à fait semblables aux précédents qui concernent plus spécialement les câbles de mer profonde : la construction de tous les organes en est seulement plus

robuste. La roue d'appel A (fig. 126) est conduite par les roues D, E, F et la poulie jockey C par les roues G et H ; sur la poulie J s'enroule deux ou trois fois une corde qui fait tourner l'appareil d'appel situé au-dessus de la cuve de lovage.

Câbles à plusieurs conducteurs

Les câbles à plusieurs conducteurs ne sont em-

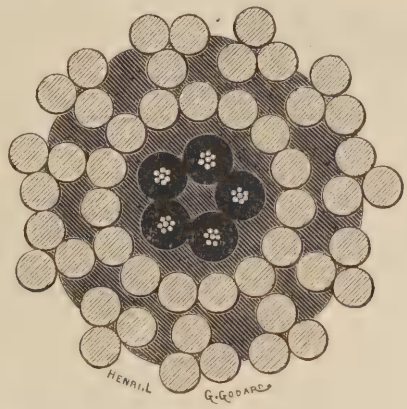


Fig. 127

ployés que pour les traversées de rivières ou de bras de mer de peu de profondeur. Dans tous les autres cas, il est préférable d'immerger autant de câbles séparés, à un conducteur, qu'on veut avoir de fils ; on obtient des câbles plus maniables, plus faciles à immerger et à réparer, et en cas de rupture accidentelle de l'un d'eux, les communications sont maintenues par les autres lignes. Les câbles à plusieurs conducteurs, sont en général

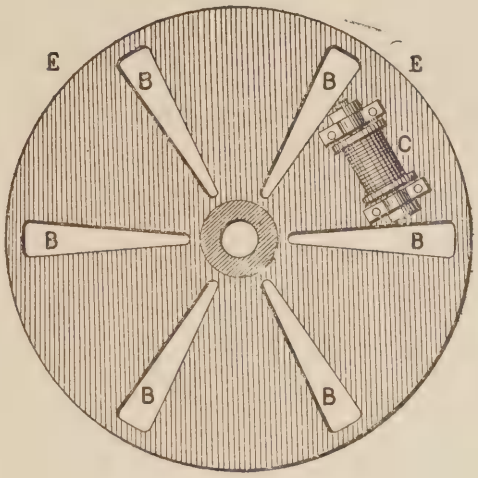


Fig 129

fortement armés, afin qu'ils puissent résister à l'action destructive que l'agitation des eaux exerce sur eux, surtout lorsqu'ils reposent sur un fond

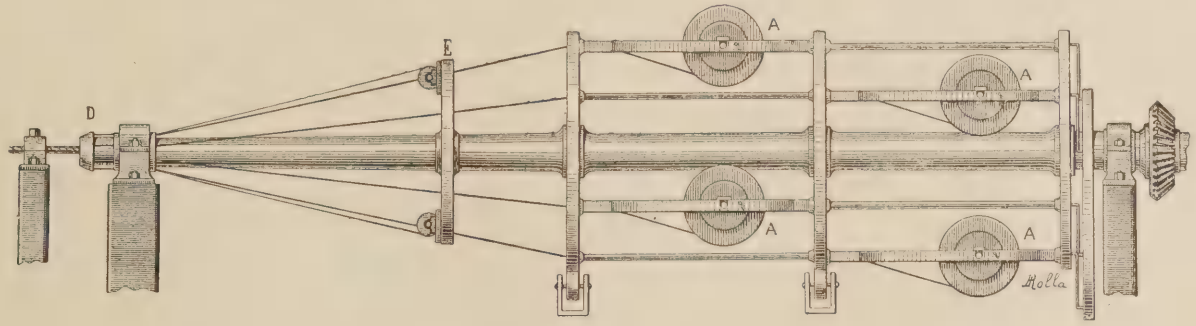


Fig. 128

rocailleux. Pour obtenir des câbles suffisamment flexibles, tout en ayant la résistance mécanique nécessaire, on les recouvre souvent de deux armatures en fer, l'armature extérieure pouvant elle-même être composée de torons de plusieurs fils. Le câble immergé en 1877 (fig. 127), à l'embouchure de la Seine, entre le Hoc et Pennedepie, dans des parages où des bancs entiers de sable sont déplacés dans les grandes marées, et où, par suite, des câbles de faibles dimensions ne pouvaient résister, est un excellent type de ce genre de câbles [1]. Il dure depuis dix ans, sans avoir eu besoin jusqu'à présent d'aucune réparation ; on peut supposer qu'étant très pesant, il s'est enfoncé dans le sable assez profondément pour se trouver au-dessous des couches que la mer soulève périodiquement. Il se compose de cinq âmes cordées ensemble, revêtues d'une enveloppe de jute tanné, sur laquelle sont enroulés en hélice

[1] Ce câble a été construit dans les ateliers de M. H. Menier, à Paris-Grenelle.

15 fils de 5 millimètres de diamètre. Sur cette première armature se trouve une seconde couche de jute tanné, qui est recouverte d'une deuxième armature formée de 11 torons jointifs de 3 fils de fer de 5 millimètres chacun.

La fabrication des câbles à plusieurs conducteurs se fait à l'aide de machines tout à fait semblables à celles que nous avons déjà décrites. Les âmes destinées à être cordées ensemble sont enroulées sur des bobines et transportées dans une machine analogue à celles servant à former l'enveloppe en fer, de manière à ne donner aucune torsion aux fils pendant l'enroulement. Si l'une des âmes doit former un noyau central autour duquel les autres doivent s'enrouler, la bobine correspondante est disposée en avant de la machine et cette âme passe seule à travers l'arbre creux : dans le cas contraire, on la remplace par une cordelette de chanvre d'une grosseur convenable, d'après le nombre et le diamètre des âmes qui doivent entrer dans la constitution du câble.

Pour bien remplir les interstices que laissent entre elles les différentes âmes, on dispose sur l'arbre creux, en avant de l'appareil de torsion (fig. 128) un plateau E sur lequel se trouvent des bobines de fil de chanvre. Les âmes venant des bobines A, traversent ce plateau dans des ouvertures B (fig. 129) pratiquées à cet effet et arrivent mêlées avec les fils de chanvre C, à l'appareil de torsion D où le tout est cordé ensemble. L'âme multiple ainsi formée est recouverte plus loin de jute et de fil de fer, suivant la spécification demandée.

Lorsqu'une armature doit être faite de torons de plusieurs fils, ces torons sont cordés préalablement et enroulés ensuite sur les bobines de la machine à fer.

E. Wunschendorff

(A suivre.)

A PROPOS DU

TÉLÉGRAPHE IMPRIMEUR

KIEFER [1]

Beaucoup d'inventeurs ont le grand tort d'*inventer*, sans s'inquiéter de ce que d'autres ont trouvé avant eux. Il est vrai qu'il n'est pas toujours facile de se procurer des renseignements exacts et complets sur les travaux déjà entrepris dans une certaine branche de l'industrie; on doit y employer beaucoup de temps, et une grande somme de travail. Mais pourtant, lorsque la question que l'on désire poursuivre ou la branche dont il s'agit a fait l'objet de travaux historiques assez complets et coordonnés, la peine que l'on se donnera en les étudiant n'est point trop grande et sera largement compensée par les avis utiles que l'on trouvera et les idées qui pourront résulter d'une telle recherche.

Dans la plupart des cas, l'inventeur désire, au point de vue économique, tirer le meilleur parti possible de son invention; pour cela il la protège en la faisant breveter et se trouve, de cette manière, en rapports fréquents avec les bureaux de brevets.

Les règlements de ceux-ci diffèrent beaucoup, suivant les pays ; l'ouvrage des employés n'est pas partout réglé de la même façon et l'influence qu'ils peuvent avoir dans l'exercice de leurs fonctions varie considérablement.

Leur tâche est, sans contredit, la plus difficile dans les pays qui n'ont pas les brevets « sans garantie du gouvernement », mais où l'on doit examiner préalablement l'appareil ou le procédé que l'inventeur présente ; comme cela a lieu, par exemple, en Allemagne où le § 1 de la loi sur les brevets dit : « Pourront être brevetées les nouvelles inventions qui permettent une application industrielle ».

Comme ces bureaux assument une certaine responsabilité au sujet de la nouveauté d'une invention, on pourrait croire que parmi les employés on doit trouver un certain nombre de spécialistes indépendants, connaissant à fond les différentes branches de l'industrie et parfaitement au courant de leur développement historique. En fait; il est bien souvent, difficile de se procurer le nombre voulu de personnes aptes à exercer ces fonctions et on peut se trouver obligé d'admettre provisoirement dans ces bureaux quelques employés peu au courant des services

---

[1] La petite étude historique qui suit, pourra présenter quelque intérêt, particulièrement au point de vue de la question de voir s'il y a lieu, avant de délivrer un brevet, de soumettre l'invention en question à un *examen préalable* relativement à sa nouveauté.

Le manuscrit de l'article en question nous a été remis au commencement du mois de mai.

La Rédaction

qu'on attend d'eux, en espérant qu'ils sauront acquérir les connaissances pratiques et historiques qui leur manquent, pour soumettre à une critique sérieuse et impartiale les projets qui leur seront présentés.

Toutefois, n'oublions pas que les connaissances humaines sont toujours imparfaites et incomplètes; aussi est-il du devoir des journaux techniques indépendants, comme *La Lumière Électrique*, d'accompagner de quelques critiques les descriptions de brevets et les extraits qu'ils en donnent. Ces observations pourront être très utiles aux techniciens et même aux inventeurs.

Il est vrai qu'une telle critique ne pourra pas être faite avant que le brevet ne soit délivré, elle n'aura plus tard aucune influence sur le brevet lui-même et ne facilitera pas la tâche ardue des employés. Toutefois, elle peut être utile, surtout en s'appliquant à mettre au jour et à éclaircir les questions de faits, et en développant les différents points de vue sous lesquels on peut les considérer.

Quoique les journaux techniques aient bien rarement présenté de telles critiques jusqu'à présent, nous tenterons encore un essai de ce genre, en nous efforçant de considérer la question d'une manière entièrement objective.

Nous avons trouvé à la page 205 de l'année courante de notre estimable confrère l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, l'extrait d'un brevet allemand, d'après lequel il nous a été impossible de voir en quoi consiste réellement la *nouveauté de l'invention*. L'étude du brevet lui-même (délivré le 17 janvier 1887) qui est très concis, ne nous a pas renseigné davantage et c'est pourquoi nous attirons l'attention sur ce cas, désirant avoir des informations ultérieures de la part de personnes compétentes.

Ce brevet (n° 3805, du 22 avril, 1886) est délivré à Karl Kiefer, à Worms sur le Rhin, et il concerne : *La disposition des électro-aimants et la transmission des courants dans les télégraphes imprimeurs*.

Mais il ne s'agit absolument pas ici, d'un système de télégraphe à *courants alternatifs*, comme l'indique le brevet [1] et comme le reproduit l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, mais bien d'un système dans lequel la roue des types est actionnée par « une succession de courants ayant une direction déterminée », et l'impression du type se fait au moyen « d'un autre courant de sens contraire ».

Fig. 1

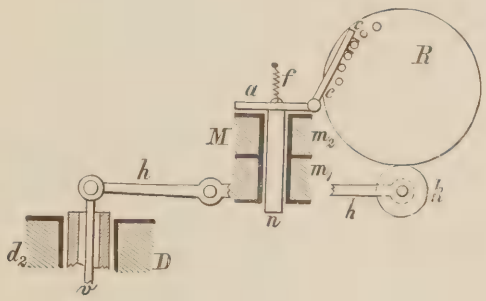


Fig. 2

La figure 1 qui n'est qu'un croquis simplifié permettra de comprendre le principe du dispositif.

L est le fil de ligne reliant les deux stations I et II ; I transmet et II reçoit. Sur son parcours se trouve intercalée la pile de ligne B. A la station réceptrice II, ce fil passe par deux électro-aimants D et M. Le premier imprime le type qui se trouve en position, par son action sur le levier imprimeur *h* (fig. 2). Le second M produit par le

(1) Voici un extrait de ce brevet : « Bei Typendrucktelegraphen mit Wechselstrœmen die Anordnung zweier getrennten Wickelungen d_1 d_2 bezieh. m_1 m_2 (Fig. 1 et 2), auf den Electromagneten des Druckhebels bezieh. Laufwerkhebels in Verbindung mit einem Localstrom und dem Telegraphirstrome in der Weise, das vermœge der Art der Wickelung d_1 d_2 bezieh. m_1 m_2 bei der einen Richtung des Telegraphirstromes der Anker des Druckhebelelektromagneten losgelassen, wæhrend der des Laufwerkhebelelecktromagneten festgehalten wird und bei der anderen Richtung des Stromes das Entgegengesetzte eintritt. — L'emploi, dans les télégraphes imprimeurs à courants alternatifs, de deux enroulements, m_1 m_2, d_1 d_2 (fig. 1 et 2) sur les électro-aimants

jeu de son armature *a* le mouvement saccadé de la roue des types ; — « verstellt das Typenrad R » — et, par conséquent, il opère la mise en position — « Einstellung » — du type à imprimer.

Ces mouvements se font d'une manière suffisamment connue, qui n'est pas même indiquée d'une façon plus détaillée dans le brevet.

Chacun des électro-aimants D et M porte deux bobines, d_1 d_2, m_1 m_2. Les premières d_1 m_1 sont parcourues par les courants de ligne ; les secondes d_2 m_2, par contre, par le courant continu d'une pile locale *b*. L'enroulement des bobines est tel que le courant de la pile *b* aimante en sens contraire le noyau de fer doux des bobines d_2 et m_2, tandis que les courants de ligne agissent dans le même sens en d_1 et m_1.

Les courants de même sens qui servent à mettre la roue R en position n'ont aucune influence sur l'armature de D qui reste immobile, attirée par l'action du courant local, mais ils agissent sur l'armature *a* de M en neutralisant le courant de la pile *b*. Celui-ci l'attire de nouveau à chaque interruption du courant de ligne.

L'impression des types par D se fait au moyen d'un courant de ligne en sens contraire.

A la station qui transmet I, se trouve un commutateur U (fig. 1), qui n'a dans le brevet aucune disposition spéciale et que nous reproduisons tel quel sur notre croquis ; il n'est pas nécessaire de le décrire avec plus de détails. Remarquons seulement que la ligne doit être fermée au manipulateur entre u_1 et u_2 lorsqu'on veut envoyer le courant d'impression.

L'inventeur produit les interruptions du courant actionnant la roue des types par un dispositif connu depuis longtemps. Il emploie une roue de contact ; mais il meut cette roue par un mouvement d'horlogerie ; le télégraphiste n'a plus qu'à manipuler un clavier pour envoyer dans la ligne les courants nécessaires à la mise en place du type à imprimer et à mettre fin à ces émissions.

L'impression exige, comme nous l'avons vu, un renversement du courant de ligne. Il serait assez difficile de l'obtenir mécaniquement d'une manière à la fois simple et commode par un mouvement du commutateur et l'inventeur a préféré utiliser un dispositif de manipulateur employé très souvent en Amérique. Dès que la mise en place du type est terminée, un contact s'établit entre la roue interruptrice et la touche abaissée et ferme ainsi le courant d'une pile locale. Celui-ci actionne un électro-aimant A et son armature agit sur le commutateur U ; le courant est renversé dans la ligne et l'impression du type s'effectue [1].

C'est ainsi que nous nous représentons le manipulateur d'après le dessin accompagnant le brevet, et il faudrait autant de touches que de lettres

du levier imprimeur et du levier commandant le mouvement; l'un des enroulements étant parcouru par un courant local, et l'autre par les courants télégraphiques.

La disposition des enroulements étant telle, que pour une direction du courant de ligne, l'armature du levier imprimeur reste attirée, et que celle de l'électro-aimant du mouvement soit abandonnée, tandis que l'inverse ait lieu pour la direction contraire. —

Si l'on s'attache à l'expression : Typendrucktelegraph mit Wechselstroemen, employée à tort, ce brevet serait dénué de valeur, et, à ce qu'il nous semble, n'aurait plus raison d'être.

[1] C'est l'intention de l'inventeur, mais il a mal placé son commutateur par rapport à la pile! car sur son dessin (ainsi que sur le croquis de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* qui le produit fidèlement); la pile *b* est indiquée en X et il est clair que le courant ne se trouvera renversé que dans le circuit u_1 u_2 contenant le manipulateur. Pour *que le courant change de sens dans la ligne* L *et les bobines* d_2 *et* m_1 *de l'appareil récepteur*, il faut

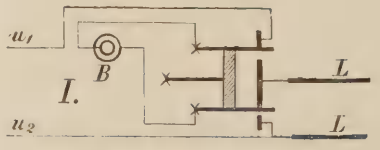


Fig. 3

que la pile se trouve sur u_1 u_2, comme nous l'avons indiqué (fig. 1) en *changeant le croquis du brevet.*

Répétons, en outre, qu'avec cette disposition générale, l'impression d'un type ne peut avoir lieu que lorsque le circuit u_1 u_2 est fermé. De plus, pour que la roue des types avance d'un pas ou d'un type, il faut une ouverture et une fermeture du courant. Son rendement serait à peu près doublé, si elle avançait d'autant à chaque ouverture et à chaque fermeture, ce qu'il est facile d'obtenir en donnant au commutateur et à la pile la disposition représentée figure 3. Elle rend possible l'envoi du courant imprimeur même lorsque le circuit u_1 u_2 est ouvert, car il suit toujours un autre chemin.

et un seul contact sur la roue interruptrice. Les dessins originaux n'indiquent pourtant qu'une touche et un contact sur la roue ; entre eux se trouve la lettre *i* et le brevet dit : « Le courant de la pile locale est fermé en *i* au moment où la roue des types est en place ». — L'*Elektrotechnische Zeitschrift* dit, par contre : « Le courant local est fermé par la clef *i* ». Si Kiefer avait voulu se servir d'une seule clef et laisser au télégraphiste le soin de manipuler cette clef pour fermer le courant local, il aurait certainement établi plusieurs contacts sur la roue interruptrice ; si, d'autre part, il s'était contenté d'un seul contact, il l'eût placé ailleurs. Le fonctionnement de son imprimeur nous paraît de ces deux manières non-seulement plus difficile et moins certain, mais encore donner lieu à un très mauvais rendement.

Passons maintenant en revue les anciens types de télégraphes imprimeurs et cherchons quelles sont les innovations proposées par Kiefer.

Nous savons que le mouvement saccadé du papier et l'encrage des types s'effectuent à l'aide de mécanisme que l'on peut facilement faire mouvoir par la force mécanique qui sert à l'impression ; l'électricité n'a donc dans ces appareils qu'à placer la roue des types dans la position voulue et à imprimer. Elle ne doit même pas toujours produire ces deux mouvements.

Lorsqu'on désire l'employer pour effectuer ces deux fonctions, on peut envoyer des courants de deux sens différents à la station réceptrice ou bien faire suivre deux circuits distincts à un courant conservant toujours la même direction. Ce dernier système paraît préférable lorsque les stations sont peu éloignées ; il a été utilisé par Schæffler pour son télégraphe de Bourse (*Journal télégraphique* vol. III, p. 66), et par Bain (voir Moigno, *Télégraphie Électrique* p. 365, Hearder en 1846), (*Mechanic's Magazine*, 1858, v. 68, p. 50) et H.-N. Baker (*Brevet américain* du 29 avril 1856 ; voir Shaffner, *Telegraph Manual*, p. 727).

L'emploi de courants circulant dans les deux sens est plus simple, les uns placent la roue des types, les autres impriment. (Blavier, *Nouveau traité de Télégraphie électrique*, t. II, p. 219).

Le premier projet d'un système pareil est de Hearder, 1846, dont l'appareil devait imprimer le télégramme en lignes superposées. L'armature polarisée d'un électro-aimant en fer à cheval était maintenue par deux ressorts à égale distance des pôles. La roue des types très légère avançait d'une dent chaque fois qu'un courant positif parcourait la ligne ; elle était poussée par un rochet fixé à l'armature de l'électro-aimant qui était alors attirée vers un des pôles. Dès que le type à imprimer se trouvait en place, un courant négatif attirait l'armature vers l'autre pôle. Ce mouvement se communiquait à un levier qui appuyait le papier sur le type, ou l'armature attirée fermait un courant local, lequel effectuait l'impression en actionnant un autre électro-aimant.

Le comte du Moncel, a imaginé en 1853, un télégraphe imprimeur dans lequel il utilise deux aimants en fer à cheval placés l'un à côté de l'autre (*Revue des Applications de l'électricité*, vol. II, p. 130) [1].

L'armature du premier, non polarisée, faisait avancer la roue de la manière ordinaire, en deux saccades par type, lorqu'un courant positif ou négatif parcourait la ligne. L'armature du second était polarisée et n'obéissait qu'à des courants négatifs ; elle permettait à un mouvement d'horlogerie de faire tourner d'un tour un excentrique et d'imprimer le type sur la bande de papier. Le dernier courant plaçant la roue devait être négatif. Ceux-ci s'envoyaient dans la ligne par une manivelle montée sur le même axe qu'un ressort de contact et qu'on faisait tourner. On renversait le courant comme suit : A chaque lettre correspondait un levier coudé qui arrêtait la manivelle dès qu'on abaissait un bouton et produisait l'envoi d'un courant négatif un peu avant que le ressort n'ait pu envoyer le courant positif.

Ce résultat est atteint plus facilement dans le transmetteur Bréguet à manivelle, par une transformation du levier de contact, imaginée par les frères Digney à Paris, (*brevet anglais*, du 15 février 1858).

La rotation de la manivelle dans un plan horizontal, envoye dans la ligne des courants positifs qui plaçent la roue des types ; quand elle se trouve vis à vis de la lettre à télégraphier, il suffit de l'abaisser pour obtenir un courant néga-

[1] Voir Prof. C. Kuhn : *Handbuch der allgemeinen Elektricitætslehre*. — (Leipzig, 1866), p. 479. Cet appareil et ceux qui suivent sont décrits dans le *Handbuch der Telegraphie*, vol. I, du Dr Zetzsche et en partie déjà dans l'ouvrage du même auteur : *Die Copirtelegraphen, die Typendrucktelegraphen, und die Doppeltelegraphie, Leipzig*, 1865.

tif. Le récepteur avait deux électro-aimants droits placés parallèlement. Vis à vis de leurs pôles se trouvent deux armatures polarisées en forme de U ; l'une étant repoussée par des courants positifs l'autre par des courants négatifs. La première, à l'aide d'un ressort, fait avancer la roue des types d'une demi division par fermeture ou interruption de courant et la seconde ferme un courant local qui actionne l'imprimeur.

Le télégraphe Mouilleron et Gossain (Du Moncel, *Revue des Applications de l'électricité*, en 1857 et 1858, p. 260 et 257) est basé sur le même principe, mais après chaque impression, la roue des types était ramenée par un ressort à la position +.

Dans « l'*Auto-imprimeur* » de Grimaux, (breveté en 1856), la manivelle du transmetteur inverse le courant, lorsqu'elle passe de la lettre à télégraphier au + (voir Du Moncel *Revue* 1857 et 1858, p. 260).

Quéval (1858) utilise deux armatures polarisées; l'une agissant sous l'influence de courants positifs place la roue des types à l'aide d'un courant local et sans mouvement d'horlogerie, tandis que l'autre, obéissant aux courants négatifs, produit l'impression au moyen d'une seconde pile locale (Du Moncel, *Loc. cit.*, p. 261).

W. A. Lyttle, à Londres (*brevet anglais*, du 28 octobre 1868) donne au manipulateur la forme d'un clavier rectiligne sous les touches duquel tourne un cylindre placé transversalement. Celui-ci porte la roue interruptrice et un certain nombre de pointes fixées en face des touches. Quand on abaisse l'une d'elles, le cylindre se trouve arrêté dans sa marche et le sens du courant ainsi changé.

Les Américains E. Wittelsey Andrews et G. Baker Field (brevet anglais du 8 juin 1870) mettent la roue des types en place par des courants positifs qui sont envoyés par la roue interruptrice, et produisent l'impression du type par un courant négatif emprunté à une seconde pile à l'aide d'une clef ordinaire. Le récepteur renferme deux électro-aimants en fer à cheval, ayant à la fois des armatures non magnétiques et polarisées ; le fonctionnement est assez compliqué.

Enfin, Th. Marshall Foote et Ch. A. Randall, à New-York (brevet anglais du 2 juin 1871) utilisent des courants de deux sens envoyés successivement par deux clefs ordinaires. On ne comprend pas très bien leur projet de récepteur.

Cette revue, que des recherches ultérieures pourraient encore compléter, nous permet d'établir les comparaisons suivantes :

En ce qui concerne le manipulateur de Kiefer, qui du reste, d'après le texte de la demande de brevet (voir page 515, note [1]), n'entre que très peu en considération, on n'aurait pas besoin d'un aussi grand nombre de contacts et de commutateurs que dans celui de Du Moncel ; de plus l'inventeur envoie toujours ses courants négatifs avec le même commutateur en utilisant un électro-aimant et une pile locale dont on ferme le circuit en abaissant la touche. Lyttle s'était servi d'un cylindre muni de pointes, et Digney frères, d'un mouvement spécial de la manivelle.

Relativement aux récepteurs, tous ces systèmes renferment un ou deux aimants à armature polarisée, et quelquefois, en outre, une armature non aimantée. Hearder résoud le problème de la manière la plus simple, en plaçant une seule armature entre les pôles de ses aimants et en la faisant travailler des deux côtés, suivant le sens du courant. Digney frères se servent d'un électro-aimant rectiligne (à deux bobines séparées) et de deux armatures, et du Moncel, de deux électro-aimants et de deux armatures.

Le dispositif des électro-aimants de Kiefer, n'est pas décrit avec détails dans le brevet. Sur son dessin, le premier M, de mise en position, est indiqué comme sur la figure 2 ; l'armature *a*, forme levier et dirige le mouvement de la roue des types R par le bras *c* et à l'aide du ressort *f*. L'armature du second, ou électro-imprimeur D est en bas ; elle est reliée au levier *h* par la tige *v* qui traverse les bobines, aucun ressort antagoniste n'étant indiqué, l'armature devra, sous le seul effort de son propre poids, s'abaissser et appuyer la roue *k* sur le type, dès que le courant imprimeur sera envoyé dans les bobines.

D'après le dessin, on doit admettre que *a* et *n* forment une seule pièce, tandis qu'en D la tige *v* traverse librement le noyau de fer doux ; le courant local joue en D exactement le même rôle que l'aimant en forme de fer à cheval de l'imprimeur Hughes sur les pôles duquel sont placés les noyaux de l'électro-aimant. Ce qui se passe en M est aussi tout à fait semblable.

La pile *b* et les bobines m_2 et d_2 remplacent les aimants en fer à cheval de deux électro-aimants de Hughes et les courants de ligne agissent en m_1

et d_1 d'une manière identique dans les deux cas.

Ainsi, dans son télégraphe imprimeur, utilisant une série de courants discontinus mais de même sens pour la mise en place de la roue des types, et un courant opposé pour l'impression, la seule invention de Kiefer consisterait en ceci : il remplace l'ancienne forme d'électro-aimants polarisés (noyaux de fer doux, armatures polarisées) par la forme d'électro-aimants découverte plus tard et introduite par Hughes dans la télégraphie (noyaux polarisés, armatures de fer doux) en produisant toutefois l'aimantation des noyaux par un courant local et non plus par induction magnétique.

La demande de brevet confirme ceci car le mode de fonctionnement du télégraphe imprimeur et l'action des courants sont entièrement les mêmes dans les deux cas.

Il en serait encore ainsi si l'on employait une troisième espèce d'électro-aimants où le noyau et l'armature sont polarisés tous deux, ou bien une des nombreuses formes à noyaux rotatifs que l'on utilise dans les relais et dans les télégraphes à aiguilles, et qui ont été construits en premier lieu par le P. Cecchi, à Florence, en 1855, (du Moncel, *Exposé des Applications de l'électricité*, vol. II, p. 85, vol. III, p. 407).

La question ne serait même pas sensiblement changée si l'on considérait l'électro-aimant comme un solénoïde, — quoique dans le brevet il ne soit parlé que des armatures.

Remarquons, pour terminer, que déjà en 1855, le Dr Stark, puis MM. Siemens et Halske, et enfin le Dr Bernstein, (brevet anglais, n° 2575, du 15 novembre 1855), employaient pour la télégraphie *en diplex* des relais avec des électro-aimants à double enroulement ; un des circuits étant parcouru par les courants télégraphiques, l'autre par un courant local. (Voir aussi Zetzsche, *Handbuch der Telegraphie*, vol. I, p. 564, 567, 568).

Le Dr J. B. Stark en a publié deux dispositions dans la *Zeitschrift des Deutsch-Osfterreichischen Telegraphen-Vereins*, (IIe année, p. 222 et 223; planche XXII, fig. 1 et 2), dont la première est identique à celle de Kiefer. Les dispositions de Siemens et Halske se trouvent dans les *Annales de Poggendorf*, vol. 98, p. 128.

K. . . . e.

L'EXPLORATION

DES CHAMPS MAGNÉTIQUES

ENTOURANT LES DYNAMOS

M. Carl Hering a fait paraître, sous ce titre, un intéressant travail expérimental dans « *The Electrician and electrical Engineer* » de Boston. Ces études ont commencé en 1884, à l'exposition de Philadelphie, à l'occasion de la grande machine dynamo à électro-aimants multiples d'Edison ; il s'agissait d'étudier l'effet perturbateur produit sur le champ magnétique, par la présence de la machine à vapeur couplée directement sur l'axe de la dynamo et fixée sur une des pièces polaires de celle-ci.

Frappé des résultats intéressants qu'il obtenait l'auteur a étendu l'exploration à tout l'espace entourant la machine ; puis, il a étudié de la même manière, des machines Weston, van Depoële et Thomson-Houston.

Ces études sont intéressantes, comme illustration des idées de Faraday sur les circuits magnétiques, et montrent bien la perte des lignes de force dans l'espace environnant la machine. On peut regretter que les expériences n'aient pas été faites en vue de mesures absolues, qui donneraient une idée sur le rapport de ces flux perdus au flux utile; cependant, les résultats comparatifs obtenus peuvent être utiles, et sont, en tout cas, assez curieux.

Du reste, la forme des lignes de force qui a été déterminée assez exactement, répond bien à l'idée qu'on pourrait s'en faire *a priori*.

Le procédé d'expérimentation de l'auteur est très simple :

Une aiguille d'acier courte était fortement aimantée et suspendue librement sur un pivot, comme l'aiguille d'une boussole. On la promenait dans les différentes parties des champs entourant la machine, en inclinant la boîte de manière à ce que l'aiguille restât toujours perpendiculaire à son pivot et on notait sur un croquis la direction de l'aiguille en chaque point ; l'intensité relative était obtenue approximativement, en faisant osciller l'aiguille et en comptant le nombre des oscillations par seconde.

Pour obtenir plus exactement la forme des lignes de force, on faisait mouvoir l'aiguille en

partant d'un point de la carcasse, dans sa propre direction ; le parcours des aiguilles était alors noté sur des croquis, dont les figures accompagnant ces lignes sont la reproduction.

En procédant de cette manière, il y a une précaution à prendre ; comme les lignes de force ont, en certains points, des formes très compliquées, il faut déplacer l'aiguille très lentement, car il arrive souvent que l'on passe très rapidement dans un champ de direction opposée, et avant que l'aiguille ait eu le temps de tourner, son aimantation peut être renversée et l'on n'obtient plus que des résultats contradictoires.

Il faut donc vérifier de temps en temps l'aimantation de l'aiguille, en l'approchant des pôles de la machine.

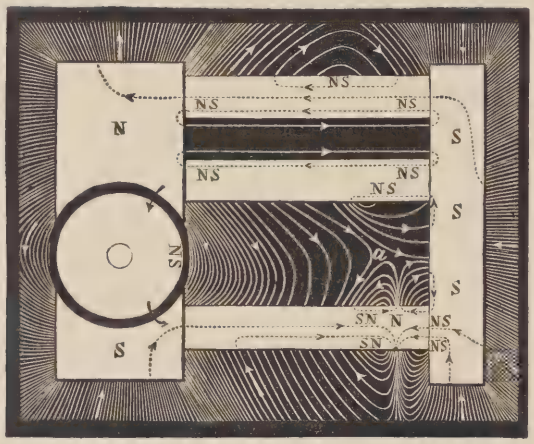


Fig 1

La figure 1 représente le champ extérieur de la grande machine Edison (Jumbo); cette machine a une rangée de 4 électro-aimants en bas, et deux rangées pareilles en haut, ce qui produit une grande dissymétrie des champs. Comme les électro-aimants supérieurs sont en plus grand nombre, la culasse, au lieu d'être neutre au centre, devient un pôle sud énergique et émet beaucoup de lignes de force, comme l'indique du reste la figure.

Les lignes isolées à l'intérieur du fer représentent le chemin probable de quelques lignes de force à l'intérieur des électro-aimants. Les coins saillants donnent naissance à des lignes de force bien plus nombreuses que les parties planes ; enfin, à la jonction des électro-aimants inférieurs avec la culasse, nous trouvons un point singulier qu'on ne peut expliquer, à ce qu'il nous semble, qu'en supposant que la jonction de l'électro inférieur avec la culasse est défectueuse et présente une résistance magnétique considérable ; près de là se trouve un point *a*, où l'aiguille est folle et peut prendre quatre directions différentes.

M Hering, propose d'appeler ces points « points de magnétisme instable » ; en ces points, le magnétisme de l'aiguille se renverse le plus facilement. Dans l'espace situé entre les rangées d'électros à la partie supérieure, les lignes de force sont peu nombreuses et parallèles aux électros.

La figure 2 se rapporte à une machine Weston, qui, elle, est symétrique par rapport aux deux axes horizontal et vertical passant par l'axe de rotation de l'armature; le champ extérieur a évidemment aussi la même symétrie. On remarque quatre points neutres, c'est-à-dire, n'admettant pas de lignes de force ; deux sont dans l'induit et la culasse, et les deux autres dans les électro-aimants; les intervalles entre les points neutres sont les pôles alternativement de sens contraire ; enfin, nous retrouvons un point de magnétisme instable, dans l'espace circonscrit par l'induit, les électro-aimants et la culasse.

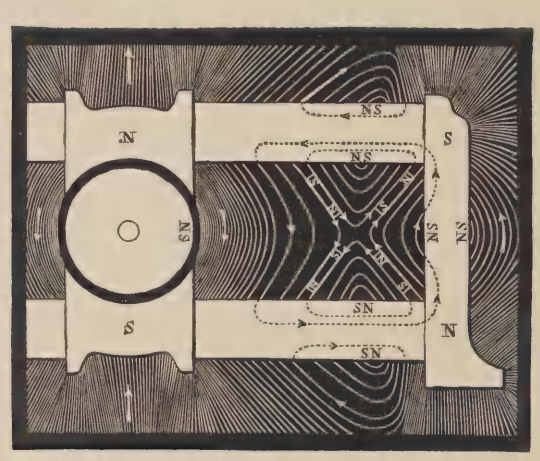


Fig. 2

Il est à regretter que M. Hering n'ait pas étudié l'influence d'un courant puissant dans l'induit sur ce champ symétrique ; il aurait été possible, peut-être, d'en tirer des conclusions utiles.

La machine Van Depoële étudiée (ancien type, fig. 3) avait deux culasses ridicules et trop rapprochées des électro-aimants et des pièces polaires; l'aspect du champ perdu montre l'effet de ces dispositions défectueuses ; les culasses,

non-seulement n'ont pas une section suffisante pour donner passage aux flux des lignes de force créés par les électros, mais encore par leur rapprochement des noyaux, elles ont pour effet de shunter magnétiquement chacun des électro-aimants sur lui-même, comme l'on peut s'en convaincre en étudiant le champ compris entre ces culasses et les électros.

Une autre perte considérable a lieu entre les pièces polaires N et S des électro-aimants, les culasses agissent encore une fois de manière à dériver de l'entrefer les lignes de force utiles ; le champ magnétique au-dessus de l'induit présente un aspect intéressant, les lignes de force se cour-

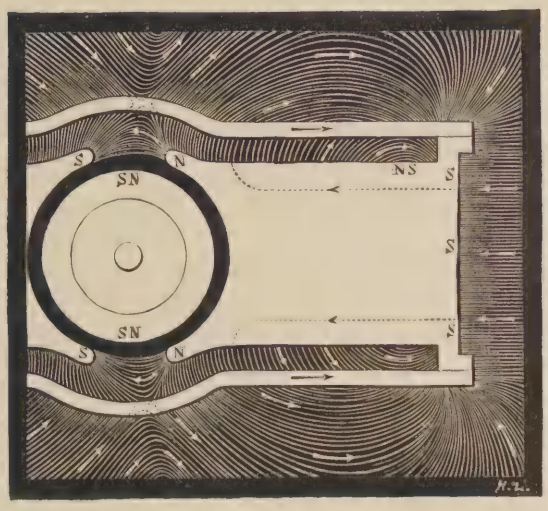


Fig. 3

bent brusquement de 90°, à cet endroit la boussole change brusquement de direction.

Enfin, le champ extérieur n'est pas tout à fait symétrique, ce qui peut provenir du courant dans l'induit.

L'étude de la machine Thomson-Houston (fig, 4, 5 et 6) a présenté beaucoup de difficultés, mais donne en revanche des résultats très curieux.

A chaque instant, l'aimantation de l'aiguille se trouvait renversée, et ce n'est qu'avec beaucoup de peine que M. Hering est parvenu à se rendre un compte exact du champ extérieur ; les difficultés ici étaient d'autant plus grandes que la distribution des lignes de force devait être étudiée dans l'espace autour des boulons réunissant les extrémités des électro-aimants et non pas seulement dans un plan, comme pour les autres machines.

D'une manière générale, les mêmes pertes et dérivation de lignes de force se produisent que dans la machine Van Depoële, avec laquelle elle présente, au point de vue magnétique, d'étroites analogies.

Ainsi, on observe des dérivations considérables entre les boulons d'un côté, les électro-aimants et les pièces polaires de l'autre.

Chaque boulon a deux pôles de nom contraire au-dessus des pièces polaires, et la même courbure des lignes de force au-dessus du point neutre se retrouve, comme dans le cas précédent.

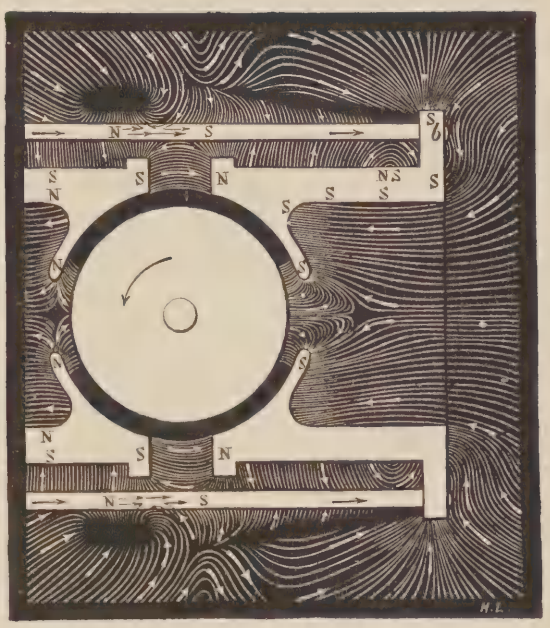


Fig 4

La figure 5, qui est une section transversale, montre la disposition du champ autour des boulons; on voit au-dessus de chacun d'eux un point de magnétisme instable.

La figure 6 montre la forme du champ dans un plan passant par l'axe et dans l'intervalle de deux boulons consécutifs ; on remarque encore la même forme générale que dans la machine Van Depoële.

A l'insertion des barres en fer doux dans la fonte des électro-aimants en *b*, on remarque une disposition singulière des lignes de force, qui quittent la fonte pour rentrer par le bout dans la barre, ce qui montre que la fonte environnant la barre est saturée avant celle-ci, et que les lignes de force sont obligées de passer par l'air pour y

rentrer ; en d'autres termes, la surface de contact entre la barre et la fonte n'est pas suffisante par rapport à la section de la barre.

Mais la partie la plus curieuse du champ magnétique se trouve à l'intérieur des cylindres formés par les électro-aimants ; on remarque que

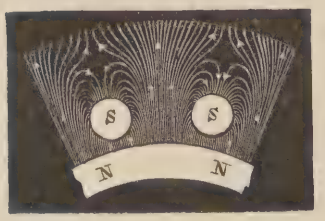


Fig. 5

les projections polaires entourant le trou central ont une autre polarité que le reste de la pièce polaire ; les lignes de force envoyées dans l'induit par une des pièces polaires, ressortent, en partie, pour rentrer dans la même pièce polaire. Il est évident que cela constitue une perte pour la puissance de la machine.

Le champ magnétique présente une forme assez bizarre en cet endroit ; il possède un point de magnétisme instable situé sur l'axe et, dans quelques machines, assez en avant dans l'intérieur du cylindre même, comme le représente la partie droite de la figure 4, dans d'autres machines, au contraire, assez près de l'induit, comme on le voit à gauche de la figure.

De plus, le champ magnétique semble soumis, à cet endroit, à d'énergiques pulsations provenant probablement des pulsations du courant lui-même qui, comme on le sait, sont considérables dans les

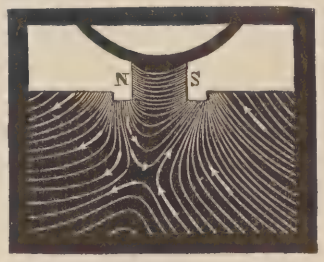


Fig. 6

machines Thomson-Houston; aussi l'étude de ce point a-t-elle été particulièrement délicate, l'aiguille changeant facilement de polarité.

Si nous nous sommes étendu assez longuement sur les expériences et les résultats obtenus par M. Hering, c'est qu'il nous parait que cette méthode d'investigation peut rendre de grands services aux constructeurs, et éviter bien des essais couteux, en désignant les points défectueux de la carcasse et en permettant de se rendre compte de la saturation relative du fer dans les différentes parties.

Ainsi, par exemple, dans les points où le fer s'applique contre la fonte, comme du reste dans le cas des machines composites, électros en fer doux et culasse en fonte, il s'agit de savoir si la surface du contact est suffisante; on peut s'en rendre facilement compte, en explorant le champ magnétique environnant .

Si les lignes de force sortent du fer pour traverser l'air et rentrer dans la fonte, il y a lieu d'augmenter la surface de contact.

Dans bien d'autres cas encore, cette méthode peut donner des indications précieuses.

W. C. Rechniewski

LE

ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ

DANS LA CRISTALLISATION (1)

III. — M. Frémy a fait cristalliser des corps qui, par les moyens ordinaires ne donnent lieu qu'à des précipités ou à des décompositions amorphes. A cet effet, il séparait les corps, qui devaient réagir, par des couches ou cloisons de corps poreux, de bois, de porcelaine dégourdie, de feuilles de papier non collé, etc. Ces cloisons poreuses laissent suinter très lentement les liquides qu'elles contiennent ; la combinaison se fait et il se produit souvent de belles cristallisations auxquelles l'électricité concourt assurément, comme le prouvent les expériences très nombreuses de M. Becquerel par un procédé analogue au précédent :

Les dissolutions réagissantes sont placées, l'une dans un tube fêlé, l'autre dans une éprouvette extérieure. Grâce à cette fêlure, les liquides intérieur et extérieur, (par exemple : monosulfure de sodium et sucre dans le tube fêlé, dissolution métallique dans l'éprouvette), se mêlent, se combinent sous l'influence de l'affinité et de la force *electro-capillaire* (2).

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 27 août 1887.

(2) Becquerel, *Des forces électro-chimiques*, p. 189 et suivantes.

Au lieu du tube fêlé, M. Becquerel s'est servi également de plaques de verre (de 1 centimètre d'épaisseur et de 3 à 6 centimètres de côté) serrées entre des règles en bois ou mieux en caoutchouc durci, maintenues par des écrous. Le métal réduit par ce moyen se présente sous forme de *dendrites* du plus curieux effet.

La réduction des métaux dans les espaces capil-

Fig. 24. — Sulfate de fer et gomme.

laires est due, suivant M. Becquerel, au concours simultané des affinités, de l'action capillaire (c'est-à-dire de l'attraction exercée par les parois des espaces capillaires) et de l'*électricité* dégagée au contact des liquides dans ces espaces, grâce à

Fig. 25. — Chlorure de baryum et gomme.

la conductibilité électrique de ces parois recouvertes de liquide.

Ces expériences de laboratoire montrent comment la nature s'y prend pour opérer ses merveilles; elles mettent en lumière les circonstances qui ont concouru à la formation de divers dépôts, de diverses couches de l'écorce du globe terrestre. La géologie et la géognosie ont pu mettre à profit plus d'un résultat de cette espèce.

M. Becquerel conclut ainsi de diverses expériences qui se rattachent au sujet qui nous occupe :

« Il est donc bien prouvé que la réduction des

Fig. 26. — Acétate de plomb et gomme.

métaux dans les espaces capillaires est bien due au concours simultané des affinités, de l'action

Fig. 27. — Mannite et gomme.

capillaire et de l'*électricité* dégagée dans la réaction des deux dissolutions l'une sur l'autre.

Ces trois causes concourent à la production des effets observés » (1).

(1) Becquerel, *Les forces physico-chimiques*, p. 204.

IV. — M. Kuhlmann, dans des expériences remarquables qui se rattachent aux précédentes, a fait réagir les molécules sous forme de courants

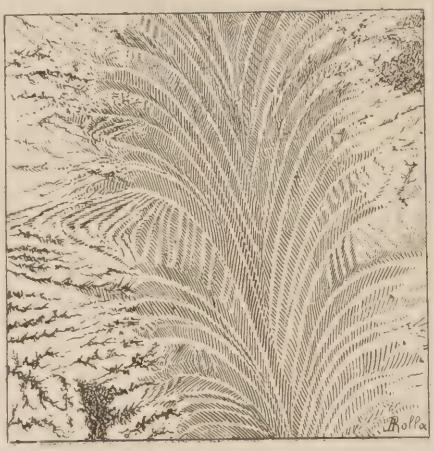


Fig. 28. — Formes cristallines de l'eau tenant en suspension du minium

de gaz ou à l'état de dissolution et de liquéfaction préalable.

Il nomme *force cristallogénique* la force qui

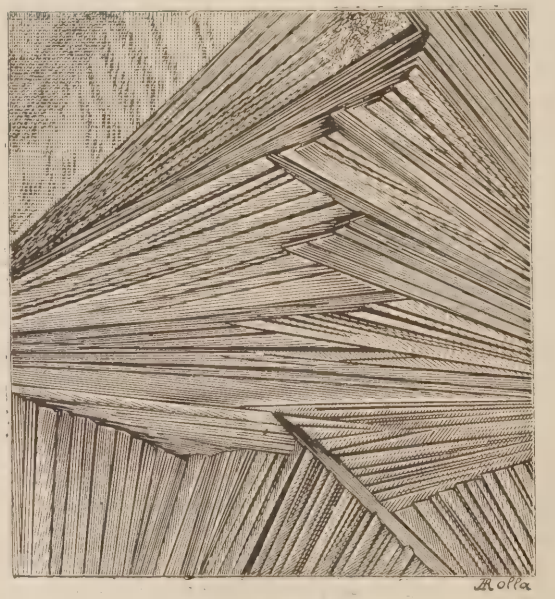


Fig. 28 bis

détermine la cristallisation dans les conditions suivantes, faciles à réaliser : On verse, en couche mince, sur une lame de verre horizontale, un mélange de gomme et d'une dissolution métallique, (par exemple, du sulfate de fer). La cristallisation du sel ferrique est gênée par la présence de la gomme et les cristaux résultant affectent des formes contournées en palmes, en plumes, d'un très bel effet (fig. 24 bis). Le chlorure de baryum (fig. 25), l'acétate de plomb (fig. 26), la mannite (fig. 27) se font remarquer par la délicatesse et la beauté de leurs cristaux.

M. Kuhlmann a opéré sur une multitude de dissolutions qui toutes ont donné, par ce procédé, des résultats curieux qui expliquent les faits de cristallisation des métaux et des métalloïdes, de concrétions minérales, de géodes, d'arborisations, de végétations métalliques, si communes dans la nature et dans les laboratoires.

— Dans mes expériences sur la cristallisation de

Fig. 28 ter

l'eau, j'ai employé un procédé qui, tout en différent du précédent, conduit à des résultats analogues, en créant des entraves à la libre cristallisation, par la présence d'un corps étranger.

Voici en quoi consiste le mode d'expérimentation :

Sur une plaque de verre horizontale, on répand une couche d'eau tenant en suspension du minium (ou toute autre poudre lourde insoluble). On expose le tout à l'air, par un temps froid, la température étant au moins de quelques degrés au-dessous de zéro. Pendant la congélation de l'eau, les parcelles de minium sont entraînées par les petits cristaux de glace qui se déplacent pour obéir à la force de cristallisation, et en affectant

les formes les plus délicates. L'évaporation lente et spontanée de la glace laisse en place le minium. On obtient ainsi des figures en aiguilles, en aigrettes, en faisceaux, en feuilles de fougères, en palmes, en plumes, etc., d'un joli effet ; (fig. 28, 28 bis et 28 ter) formes analogues à celles qui se produisent sur les vitres des appartements en temps de gelée.

Les petits cristaux de glace en voie de formation ont une tendance à se grouper symétriquement et formeraient, en effet, des figures régulières, si rien ne troublait cette tendance naturelle ; mais ils rencontrent çà et là, irrégulièrement dispersées, les parcelles de minium en suspension dans le liquide ou sur la plaque de verre ; ces obstacles les oblige à se dévier de leur route et à affecter des positions plus ou moins dissymétriques les unes par rapport aux autres. Dans ces déplacements forcés, il y a dépense d'énergie et, sans doute, mise en jeu d'électricité.

On a soin de laisser la plaque de verre, ainsi couverte de ses cristaux de glace, exposée a l'air pendant un temps suffisant pour que toute la glace ait eu le temps de se vaporiser complètement; ce dont il est facile de s'assurer par l'aspect mat que prend alors le minium.

Sans cette précaution, c'est-à-dire, si l'on rapportait la plaque dans un appartement dont la température fut supérieure à 0°, avant que toute la glace fût évaporée, celle-ci en se fondant alors, pourrait entraîner la détérioration des formes les plus délicates du tableau.

La plaque de verre, couverte de ses dessins de minium, étant bien sèche, peut être employée comme cliché photographique, en se servant simplement du papier au *ferro-prussiate*.

Si l'on veut conserver ce cliché indéfiniment, il suffit de le recouvrir d'un vernis.

A ces exemples se rattachent encore les suivants que nous ne ferons qu'indiquer : arborisations produites par capillarité et évaporation; expériences sur le sulfure de carbone et sur différents liquides très volatils, par C. Decharme. Annales de chimie et de physique, 5e série, t. III, p. 236 et 417.

On a pu constater dans la disposition des diverses sortes de cristallisations, une gradation marquée, depuis les *dendrites électrolytiques* à la production desquelles on emploie l'électricité et la *végétation métallique*, où le concours de petits éléments voltaïques, n'est pas douteux; depuis les expériences de M. Frémy et celles de M. Becquerel où l'électricité est encore mise en jeu d'une manière moins apparente, jusqu'aux arborisations entravées par des obstacles mécaniques : gomme, minium, etc.

L'électricité est manifeste dans les premières ; il est rationnel d'admettre sa présence et son concours dans les autres, qnoiqu'on ne l'y décèle pas directement.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer, relativement aux différentes conditions de la cristallisation, sembleront peut-être disproportionnés auprès du peu de développement qu'il nous reste à donner à la partie essentielle de la question ; mais ces détails étaient nécessaires, devant servir de transition aux diverses parties du sujet, et de preuves à l'appui de la conclusion finale.

Après avoir constaté que l'électricité concourt à la production des cristaux dans des circonstances variées, nous allons maintenant nous occuper de la question réciproque, à savoir, de constater la production de l'électricité dans le fait même de la cristallisation.

Nous allons, *prenant la nature sur le fait*, suivant l'expression pittoresque de Fontenelle, assister à la formation de ces cristaux, depuis la grosseur microscopique, issue de l'infiniment petit, jusqu'aux apparences palpables, et donner des preuves de la manifestation de l'électricité dans le phénomène en question, but principal de cette étude.

Lorsqu'on observe, au microscope, une cristallisation qui commence, on remarque dans le liquide, un mouvement incessant, sur divers points, et l'on aperçoit de petits cristaux qui s'agitent en différents sens, se repoussent vivement, ou s'attirent, se précipitent les uns sur les autres dans une certaine direction, et finissent par s'aligner, se juxtaposer, se souder, en quelque sorte, et former un solide de figure régulière géométrique, qui grossit avec le temps, forme qui, pour une substance donnée, est toujours la même, quand les conditions d'expérience restent aussi les mêmes.

On reconnaît déjà là, une analogie frappante, entre ces mouvements élémentaires des cristaux polarisés et ceux que prennent les parcelles de limaille de fer, sous l'action d'un aimant, dans la production des fantômes magnétiques, et encore dans l'attraction des corps électrisés.

Mais ces mouvements des cristaux, en voie de formation, sont beaucoup plus apparents dans le mode d'expérimentation suivant, bien connu d'ailleurs.

Lorsqu'au moyen du microscope solaire ou photo-électrique, on projette une mince couche de dissolution saline concentrée, on voit bientôt apparaitre, à l'état naissant, des milliers de points à forme indécise qui deviennent bientôt de petits polyèdres à facettes miroitantes, et augmentent promptement de volume. Ces petits cristaux s'attirent par leurs extrémités les plus rapprochées (comme de petits aimants) ; bientôt ils se meuvent avec plus de vitesse, puis, semblent se précipiter les uns sur les autres.

On voit alors la cristallisation, courir, çà et là, sur une large surface, monter descendre, rayonner instantannément dans des directions différentes, faire pulluler les cristaux comme par enchantement, pousser ici des embranchements soudains, là, des arborisations les plus accidentées et couvrir d'un capricieux réseau de diamants tout un pan de muraille où l'on a projeté le cercle lumineux.

Quand l'effet est produit, l'équilibre établi, on distingue des formes symétriques et capricieuses à la fois, figures analogues à celles que nous observons dans l'eau glacée sur les vitres de nos croisées, mais avec la variété que chaque substance apporte dans la nature, la forme, la disposition, la couleur des cristaux. (Sel ammoniacal, sulfates de fer, de cuivre, alun de chrome, camphre).

Mais ce n'est pas tout, indépendamment du mouvement spontané de polarisation des cristaux, mouvement auquel on ne refusera pas l'analogie avec ceux des corps électrisés ou aimantés, il se produit, en même temps, un autre phénomène qui nous intéresse au plus haut degré.

Si l'expérience de la cristallisation se fait d'abord au microscope et dans l'obscurité, on voit, au moment où chaque cristal se dépose, une *lueur subite*, une sorte d'*éclair*; c'est le signal du passage de la matière de l'état amorphe à l'état cristallin.

Il en est de même quand les cristaux se groupent deux à deux, quatre à quatre, en sorte qu'à un certain moment de la cristallisation rapide, le champ du microscope est tout entier illuminé.

Il n'est même pas nécessaire de recourir au microscope pour constater le phènomène lumineux dans la cristallisation. On peut l'observer à l'œil nu en choisissant la substance et le dissolvant. Quand la cristallisation est rapide, on voit (dans l'obscurité bien entendu) le vase entièrement illuminé, tant que dure la cristallisation ; il y a recrudescence de lumiére quand on agite le vase. Berzélius est le premier qui ait cité des effets de ce genre, dans la cristallisation du *fluorure de calcium* et dans celles des *sulfates de potasse et de soude*.

Henri Rose a signalé des exemples fort curieux de dégagement de lueur phosphorescente dans la cristallisation de l'*acide arsénieux*, passant de l'état vitreux à l'état opaque.

D'après ce même chimiste, la cristallisation lumineuse des sulfates de potasse et de soude n'aurait lieu que par suite de la combinaison des deux sulfates formant un sel double, l'un des deux sels devenant isomorphe avec l'autre dans le phénomène de la cristallisation. Les sels dans lesquels l'acide sulfurique est remplacé par les acides isomorphes : acides chromiques, sélénique donnent lieu aux mêmes effets.

C'est surtout dans les cristallisations où il y a changement d'état isomérique que se manifeste l'électricité.

Voici comment se fait l'expérience :

On fait dissoudre à chaud, dans l'acide chlorhydrique, de l'acide *arsénieux vitreux* et on laisse refroidir très lentement le vase (en abaissant la flamme de la lampe qui a servi à mettre le liquide en ébullition). A un certain moment, si l'observation se fait dans l'obscurité, la formation de chaque rudiment de cristal est annoncée par une étincelle.

(H. Rose, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. LXI, p. 288).

La lueur est encore apparente au bout de deux jours, en agitant le vase ; mais elle est très faible, *preuve qu'elle n'est due qu'à la formation des cristaux et non à l'électricité du frottement*. Si l'on opère sur une quantité assez considérable d'acide arsénieux et que la cristallisation se fasse en masse pulvérulente, il n'y a pas de lumière produite.

Les *dissolutions sursaturées* nous fournissent encore un exemple de production de lueurs dans leurs cristallisations rapides, dites instantanées,

comme celle des sulfates, de l'hyposulfite, de l'acétate de soude, etc.

Notons que si dans cette circonstance les lueurs électriques sont faibles, c'est que la majeure partie de l'effet physique de la cohésion, dans ce changement d'état, se transforme en chaleur, laquelle est très sensible à la main qui tient le vase pendant et après la solidification partielle ou totale de la dissolution, surtout avec l'acétate de soude.

Les effets lumineux, étincelles ou lueurs diffuses continues, pâles et ordinairement sans chaleur, qu'on observe dans les phénomènes précédemment décrits, sont analogues à ceux qu'on produit avec les machines électrique, analogues aussi aux effluves électriques, aux lueurs d'aurores polaires, à la phosphorescence de la mer.

C'est toujours l'électricité qui est ici mise en jeu et en évidence. Comment expliquerait-on ces effets autrement que par l'électricité ?

Des physiciens ne veulent y voir qu'un phénomène de phosphorescence. Mais qu'est-ce que la phosphorescence elle-même, sinon de l'électricité dont ella a tous les caractères, dont elle n'est qu'un mode, produite elle-même par les actions mécaniques, physiques et chimiques ?

D'autre part, ces effets variés qui paraissent, tantôt dûs aux causes précitées, tantôt en être indépendants, ne semblent-ils pas nous indiquer, par leurs manifestations même, multiples et indécises, une communauté d'origine, une sorte de transition entre les phénomènes de chaleur, de lumière, d'actions mécaniques ou chimiques ; effets qui, plus intenses, dans des conditions mieux appropriées, vont produire des phénomènes caractéristiques que l'on pourra ranger, sans équivoques, parmi les causes qui viennent d'être énumérées ?

Comme dans certains effets de l'affinité, la présence de l'électricité est parfois difficile et souvent même impossible à constater ; de même, s'il n'y a pas toujours dégagement apparent d'électricité dans le phénomène de la cristallisation, on ne peut nier cependant qu'elle intervienne. Si on ne sait pas la recueillir, la mettre en évidence, il faut alors admettre qu'elle est absorbée plus ou moins complètement par le travail d'édification cristalline, ou qu'elle se recompose à travers le milieu ambiant.

Croit-on, par exemple, que dans les actions de la pile, où la production d'électricité n'est pas douteuse, on recueille toute l'électricité produite en cette circonstance ?

Faraday estimait que si la quantité d'électricité nécessaire à la décomposition d'un milligramme d'eau, était libre, elle serait capable de produire les effets de la foudre [1].

Dans le *clivage*, opération mécanique qui est, en quelque sorte, l'inverse de la cristallisation et qui consiste à démolir brusquement l'édifice cristallin, il y a manifestation de lueurs très visibles dans l'obscurité, lueurs qui ne sont autres que des étincelles électriques.

Pour constater le fait, il suffit de cliver une lame de mica, en tenant les deux feuillets avec des manches isolants. Au moment où la séparation brusque a lieu, dans l'obscurité, on voit une étincelle et l'on constate facilement que l'une des feuilles est chargée d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, et l'intensité de l'étincelle est d'autant plus grande que la séparation a été plus rapide.

Il est difficile d'invoquer ici la différence de température des deux feuillets, comme cause productrice de l'électricité en quantité appréciable.

Dans la trituration et la porphyrisation de certains cristaux et corps durs dans des mortiers d'agate, on remarque aussi très fréquemment des lueurs électriques.

Enfin, nous trouvons une autre preuve indirecte, mais incontestable, de la corrélation certaine qui existe entre les formes cristallines et le dégagement de l'électricité que certains cristaux hemièdres produisent, sous l'influence de la chaleur, tels que la tourmaline, la topaze, la boracite, le quartz, la calamine, etc. On sait que M. Gaugain, en groupant 4 par 4, 32 tourmalines, réunies par des fils conducteurs, a formé une espèce de pile thermo-électrique, fournissant, à chaque extrémité, une certaine électricité, et, en se refroidissant, l'électricité contraire [2].

De tout ce qui précède, il nous semble rationnel de tirer les conclusions suivantes :

---

(1) Voir Becquerel, *Éléments d'électro-chimie*, 2e éd. (1864), p. 245-246. Voir aussi : De la Rive, *Traité d'Électricité*, t. II, p. 596, relativement à la recomposition considérable des deux électricités dans l'action de l'acide sulfurique sur le zinc.

(2) Voir : Mascart, *Traité d'Électricité statique*, t. II, p. 500. Becquerel, *Traité d'Électro-chimie*, p. 62, (éd. de 1864).

De même que toute combinaison chimique dégage ou absorbe de l'électricité et de la chaleur, et que, réciproquement, l'électricité, ainsi que la chaleur, aident ou entravent l'affinité, favorisent ou détruisent les combinaisons chimiques, (phénomènes dans lesquels il n'est pas toujours facile de constater la présence de cette électricité et de cette chaleur) ; de même aussi, dans la cristallisation, qui s'opère sous la dépendance de la cohésion (autre force chimique non essentiellement différente de l'affinité) il y a dégagement de chaleur et d'électricité quelquefois apparente, souvent cachée ou très difficile à constater.

Réciproquement, en employant l'électricité ou la chaleur isolément ou simultanément, on favorise le mouvement moléculaire et par suite la cristallisation. La chaleur et l'électricité peuvent également faire entrave à la cristallisation ou la détruire.

En définitive, nous considérons comme certaine l'intervention plus ou moins apparente de l'Électricité, ainsi que de la chaleur, dans le phénomène de la cristallisation [1].

C. Decharme

DISPOSITIF

DE

TRANSMISSION MULTIPLEX

POUR

COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES

Nous voulons exposer ici le principe d'une invention ayant pour but de permettre simultanément à plusieurs couples de correspondants l'usage d'un même circuit ou ligne téléphonique, sans mélange ni trouble des diverses communications particulières.

Exposons d'abord le principe, ou plutôt le phénomène physiologique sur lequel est fondée cette invention.

On sait que l'impression de la perception d'un son par l'oreille ne cesse pas en même temps que le son lui-même cesse d'être produit. En d'autres termes, l'oreille semble continuer à percevoir le son, alors que celui-ci a cependant cessé depuis un temps appréciable. Ce phénomène, analogue à ce qui existe pour la vision, constitue ce que l'on nomme la *persistance auditive*.

Cette persistance, mesurée par expérience, a été trouvée égale à un trente-deuxième de seconde.

Il suit de là que si un son est répété, de telle sorte que le plus grand intervalle de temps entre les sons successifs n'excède pas un trente-deuxième de seconde, l'impression est ininterrompue et l'auditeur perçoit, au lieu de la série de sons détachés, un son continu.

De même, quand un auditeur perçoit un son continu, si l'on scinde ce son par une série d'interruptions dont la durée atteigne au plus un trente-deuxième de seconde, la sensation de ces interruptions échappe à l'oreille et l'auditeur continue à percevoir le son comme s'il demeurait continu.

Cette seconde conséquence du phénomène de la persistance auditive est celle que nous avons utilisée.

Etant donné un circuit réunissant deux téléphones, si l'on intercale, en un point quelconque de l'un des fils de ce circuit, un interrupteur qui produise une série d'interceptions du courant dont la durée soit au plus d'un trente-deuxième de seconde, la communication entre les deux correspondants n'en sera nullement altérée [1].

Cela étant, il devient loisible d'utiliser pour d'autres communications les interruptions que nous venons de dire. Il suffit, pour atteindre ce but, de charger l'interrupteur, pendant chacune de ces interruptions, de fermer tour à tour le circuit d'autres couples de téléphones reliés avec la ligne comme le premier, de telle sorte que le

---

[1] Dans le numéro du 27 août, on voudra bien faire les corrections suivantes : page 423, 2e colonne, ligne 10, au lieu de (Fig. 14), lisez (Fig. 14 bis); page 427, 1re colonne, en montant, ligne 6, au lieu de *sulfate* de fer, lisez *sulfure* de fer; ligne 4, en montant, supprimer (Fig. 23 ter).

[1] L'idée du sytème de transmission multiplex de M. D. Tommasi est certainement curieuse; mais, tant qu'elle n'est pas réalisée, il y a bien des réserves à faire.

En particulier, on peut se demander si le téléphone récepteur serait aussi complaisant que l'oreille de l'auditeur. Il n'est pas douteux que les interruptions du courant produiront, dans le récepteur, des perturbations qu'il semble difficile d'éviter: on ne peut certainement pas fractionner un courant comme une sensation auditive.

N. D. L. R.

contact n'ait jamais lieu simultanément sur plus d'un circuit, puis de le rétablir sur le premier.

Cette série de fermetures successives étant continue et s'effectuant en un peu moins d'un trente-deuxième de seconde, les choses se passent pour chacun des téléphones reliés, comme pour le premier, c'est-à-dire que pour aucun d'eux la communication n'éprouve pas d'interruption sensible.

Pour que les courants successifs qui parcourent la ligne et qui appartiennent tour à tour à chacune des communications en cours passent par le récepteur correspondant et non par un autre, c'est-à-dire pour que les communications ne se mélangent point et ne subissent aucune interruption, un second interrupteur, pareil au premier, et fonctionnant synchroniquement, est disposé à l'autre extrémité de la ligne.

Chaque appareil occupe donc une extrémité de la ligne à utiliser en commun, et à chacun d'eux viennent se relier les divers correspondants du lieu où il se trouve.

Un tel appareil peut certainement être réalisé de différentes manières et recevoir diverses formes, mais ses dispositions et son fonctionnement demeurent toujours étroitement dépendants de la condition de temps imposée par le phénomène rappelé ci-dessus, et des conditions générales d'application ou d'utilisation que nous ve-d'exposer. Nous ne nous attarderons donc pas à un dénombrement superflu et nous passerons de suite à la description sommaire du modèle auquel nous nous sommes arrêté.

Notre système comporte deux pièces principales :

1° Un cylindre creux en ébonite ou toute autre matière isolante, monté sur un arbre métallique relié d'une manière permanente à l'un des fils de la ligne et tournant dans des coussinets isolés ;

2° Une barre fixe en ébonite ou toute autre matière isolante, placée parallèlement à l'axe du cylindre et dont l'écartement est susceptible de réglage.

Sur le manteau du cylindre sont disposés régulièrement suivant un seul tour d'hélice, en nombre égal à celui des communications simultanées que l'on veut réaliser, des contacts saillants reliés chacun à l'arbre du cylindre.

La barre fixe porte, dans le plan de rotation de chacun de ces contacts et sur la face qui regarde le cylindre, un balai de forme convenable communiquant avec une borne placée sur la face opposée.

Comme complément de ces organes principaux, un barre métallique fixe porte une seconde série de bornes, correspondant aux précédentes, et est reliée avec le second fil de la ligne.

Toutes ces bornes sont reliées avec le commutateur du poste où est placé l'appareil.

Le cylindre étant animé d'un mouvement de rotation sur son axe, on comprend que les divers circuits seront, chacun successivement, fermés puis ouverts et que, les distances angulaires étant convenablement mesurées, chaque fermeture ne pourra avoir lieu qu'après l'ouverture du circuit précédent.

L'obligation de limiter la durée des interruptions des circuits à un trente-deuxième de seconde, conduit à donner au cylindre de l'appareil une vitesse de 32 tours par seconde, soit 1920 tours ou, pour plus de certitude, 2000 tours par minute.

Cependant, il est possible que l'on puisse réduire cette vitesse dans une certaine mesure si, comme il faut peut-être le prévoir, la persistance des vibrations de la membrane ou plaque téléphonique apporte quelque compensation à la brièveté de la persistance auditive. L'expérience peut seule nous renseigner à cet égard.

Il va de soi que l'égalité parfaite de fonctionnement des deux appareils placés aux extrémités de la ligne ne peut-être obtenue que par le synchronisme absolu de leur mouvement de rotation.

Pour réaliser ce synchronisme, nous actionnons l'un de nos appareils au moyen d'un petit moteur électrique monté sur l'arbre même du cylindre. Le mouvement de ce cylindre est communiqué à celui du second appareil par l'un ou l'autre des dispositifs connus, ce qui nécessite l'emploi d'une seconde ligne double, mais en fils télégraphiques ordinaires.

La dépense occasionnée par la nécessité d'employer une ligne auxiliaire en fer, conjointement avec la ligne téléphonique en bronze, est tout à fait négligeable en regard du bénéfice acquis

par l'utilisation *multiplex* de la ligne principale.

Notre « dispositif de transmission multiplex par communications téléphoniques » se complète, naturellement, par tous les accessoires indépendants du système proprement dit et qui sont bien connus de tous.

D. Tommasi

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur le travail des téléphones et des machines alternatives, par M. Mascart [1].

1. A propos de la discussion qui vient d'avoir lieu devant la Société sur les téléphones, je ferai quelques remarques qui se sont déjà présentées sans doute à l'esprit de plusieurs physiciens sous une forme analogue, mais qu'il ne me paraît pas inutile de préciser.

Une plaque aimantée qui vibre devant le transmetteur d'un téléphone ordinaire constitue une véritable machine magnéto-électrique à courants alternatifs. La bobine réceptrice avec sa plaque aimantée est une autre machine dont le mouvement est entretenu par la première, et l'on doit trouver, pour le rendement de cette seconde machine, des résultats analogues à ceux que fournissent tous les moteurs électriques.

Supposons que la plaque du transmetteur rende un son unique produit par une vibration simple de période T ; le courant induit et le mouvement de la plaque du récepteur seront aussi des fonctions périodiques simples de même période. En appelant i l'intensité du courant, e et e' les forces électromotrices du transmetteur et du récepteur, et posant $m = \frac{2\pi}{T}$, on peut représenter ces quantités par des expressions de la forme

$$\begin{aligned} e &= E \sin(mt + \alpha) \\ i &= I \sin mt \\ e' &= E' \sin(mt + \alpha') \end{aligned} \qquad (1)$$

[1] Mémoire présenté par M. Mascart à la Société internationale des électriciens et publié dans le Bulletin du mois de juillet (vol. IV, p. 368).

Si la capacité de la ligne est négligeable et que son coefficient de self-induction L puisse être considéré comme constant, R étant sa résistance, les données du problème devront, à toute époque, satisfaire à l'équation

$$L \frac{di}{dt} + Ri = e - e'$$

Il suffit d'y remplacer le courant et les forces électromotrices par leurs valeurs et d'égaler à zéro les facteurs de sin mt et cos mt pour obtenir les conditions

$$\begin{aligned} I R &= E \cos\alpha - E' \cos\alpha' \\ I L m &= E \sin\alpha - E' \sin\alpha' \end{aligned} \qquad (2)$$

La constante E est connue, puisqu'on se donne la vibration de la plaque du transmetteur ; il reste à déterminer le courant maximum I, les différences de phase α et α' et la constante E', c'est-à-dire l'amplitude de vibration de la plaque réceptrice.

Dans ces conditions, le problème n'est pas défini, mais on peut déjà déduire des équations (1) plusieurs conséquences importantes.

Si l'on remplace le produit Lm par R tang λ, c'est-à-dire si l'on pose

$$\operatorname{tang}\lambda = \frac{Lm}{R}$$

ces équations peuvent être remplacées par les suivantes

$$\begin{aligned} I^2 R^2 &= \cos^2\lambda\,[E^2 + E'^2 - 2\,EE' \cos(\alpha - \alpha)] \\ \operatorname{tang}\lambda &= \frac{E \sin\alpha - E' \sin\alpha'}{E \cos\alpha - E' \cos\alpha} \end{aligned} \qquad (3)$$

la dernière équivalent à

$$E' \sin(\alpha' - \lambda) = E \sin(\alpha - \lambda) \qquad (3')$$

Le travail électromagnétique du transmetteur pendant un temps infiniment petit dt est

$$\begin{aligned} e\,i\,dt &= I E \sin(mt + \alpha) \sin mt\,dt \\ &= I E \cos\alpha \sin^2 mt\,dt + I E \sin\alpha \cos mt \sin mt\,dt \end{aligned}$$

Pour une période entière, l'intégrale du second

terme est nulle et l'intégrale du premier se réduit à $\frac{IE \cos \alpha}{2} T$, de sorte que, pendant l'unité de temps, le travail électrique fourni par le transmetteur est

$$\mathcal{T} = \frac{I E \cos \alpha}{2}$$

et le travail absorbé par le récepteur est, de même,

$$\mathcal{T}' = \frac{I E' \cos \alpha'}{2}$$

Comme le travail perdu sur la ligne est égal à $\frac{I^2 R}{2}$, on voit que la première des équations (2) exprime simplement que le travail perdu sur la ligne est l'excès du travail fourni par le transmetteur sur celui qui est absorbé par le récepteur.

Le rendement *électrique* est donc

$$\rho = \frac{\mathcal{T}'}{\mathcal{T}} = \frac{E' \cos \alpha'}{E \cos \alpha} = 1 - \frac{I R}{E \cos \alpha} \qquad (4)$$

Si l'on avait $E' = E$, ce qui aurait lieu pour des appareils transmetteur et récepteur identiques avec des vibrations d'égale amplitude, l'équation (3') donnerait $\alpha' = \alpha$, l'équation (4) $\rho = 1$, et la première des équations (3) $I = 0$. Dans ce cas, le rendement est égal à l'unité, mais avec un travail nul ; c'est la condition générale de tous les électromoteurs, à laquelle nos équations devaient nécessairement satisfaire.

Si la différence $E - E'$ est très petite, les phases α et α' diffèrent très peu l'une de l'autre et le rendement est voisin de l'unité.

Il n'y a pas à examiner le cas où $E' > E$, puisque le jeu du système serait alors renversé.

2. Pour aller plus loin, il faut examiner les conditions physiques des mouvements vibratoires. Supposons, pour fixer les idées, que les lames vibrantes soient des tiges élastiques comme une branche de diapason aimantée, et représentons par x et x' les déplacements de ces lames à partir de la position d'équilibre. Les flux de force magnétique que ces tiges vibrantes font naître dans le circuit sont de la forme

$$\varphi = \varphi_0 + A x$$
$$\varphi' = \varphi'_0 + A' x'$$

En comptant ces flux comme positifs quand ils entrent, le premier par la face positive du courant et le second par la face négative, les forces électromotrices sont

$$e = \frac{d\varphi}{dt} = A \frac{dx}{dt}$$
$$e' = \frac{d\varphi'}{dt} = A' \frac{dx'}{dt}$$

Le courant fait obstacle aux vibrations du diapason moteur et entretien celles du récepteur. Si l'on appelle F et F' les projections des deux forces correspondantes sur la direction des déplacements x et x', l'expression du travail électromagnétique donne

$$-F\,dx = d\mathcal{T} = e\,i\,dt = i\,d\varphi = A\,i\,dx$$
$$F'\,dx' = d\mathcal{T}' = e'\,i\,dt = i\,d\varphi' = A'\,i\,dx'$$

Les lames vibrantes ont un amortissement naturel qui tient soit au milieu ambiant, soit à l'imperfection des forces élastiques ; on peut le représenter par une résistance proportionnelle $B \frac{dx}{dt}$ ou $B' \frac{dx'}{dt}$. Les réactions élastiques sont elles-mêmes proportionnelles aux déplacements et de la forme Cx ou $C'x'$. Désignant par $f(x)$ la force que l'on est obligé de mettre en jeu pour entretenir le diapason moteur, par K et K' des constantes relatives aux diapasons, les équations du mouvement vibratoire sont

$$\begin{aligned} K \frac{d^2 x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} + Cx &= f(x) - A\,i \\ K' \frac{d^2 x'}{dt^2} + B' \frac{dx'}{dt} + C' x' &= A'\,i \end{aligned} \qquad (5)$$

Si l'on a

$$\frac{C}{K} = \frac{C'}{K'}$$

les périodes d'oscillation des deux diapasons, abstraction faite de l'amortissement, sont égales et définies par la relation

$$m^2 = \frac{C}{K} = \frac{C'}{K'}$$

Pour que ces périodes ne soient pas altérées dans le mouvement réel, nous imposerons donc à

la force d'entretien $f(x)$ et au courant les deux conditions

$$f(x) = A\,i + B\,\frac{dx}{dt}$$
$$A'i = B'\,\frac{dx'}{dt'} \qquad (6)$$

La première ne servira qu'à déterminer $f(x)$. La seconde donne, quand on y remplace i et $\frac{dx'}{dt}$ par leurs valeurs,

$$A'\,I\,\sin mt = \frac{B'}{A'}\,e' = \frac{B'}{A'}\,E'\sin(mt + \alpha')$$

Cette condition ne peut être satisfaite à toute époque que si l'on a

$$\alpha = 0$$
$$B'\,E' = A'^2\,I \qquad (7)$$

Le problème électrique est alors résolu par les équations (2) et (7).

on en déduit

$$E\sin\alpha = I\,R\,\mathrm{tang}\,\lambda$$
$$E\cos\alpha = I\,R + E' = I\left(R + \frac{A'^2}{B'}\right) = I\,R\left(1 + \frac{A'^2}{R\,B'}\right)$$

par suite,

$$\mathrm{tang}\,\alpha = \frac{\mathrm{tang}\,\lambda}{1 + \frac{A'^2}{R\,B'}} = B'\,\frac{R\,\mathrm{tang}\,\lambda}{A'^2 + R\,B'} = \frac{B'\,L\,m}{A'^2 + B'\,R}$$

$$I^2 R^2 = \frac{E^2}{\mathrm{tang}^2\lambda + \left(1 + \frac{A'^2}{R\,B'}\right)^2}$$
$$\frac{E'}{E} = \frac{\sin(\lambda - \alpha)}{\sin\lambda} = \cos\alpha\left(1 - \frac{\mathrm{tang}\,\alpha}{\mathrm{tang}\,\lambda}\right) \qquad (8)$$
$$\rho = 1 - \frac{\mathrm{tang}\,\alpha}{\mathrm{tang}\,\lambda} = \frac{A'^2}{R\,B' + A'^2} = \frac{1}{1 + \frac{R\,B'}{A'^2}}$$

Le rendement ρ ne dépend que du récepteur et de la résistance du circuit; il est indépendant du transmetteur et de la période de vibration.

Comme l'angle λ est positif, on voit que l'angle α, ou la perte de phase du courant sur la force électromotrice, est positif et plus petit que λ.

3. L'énergie du mouvement vibratoire pour les deux appareils est à chaque instant proportionnelle aux expressions $K\left(\frac{dx}{dt}\right)^2$ et $K'\left(\frac{dx'}{dt}\right)^2$, où $\frac{K}{A^2}e^2$ et $\frac{K}{A'^2}e'^2$, dont les valeurs moyennes sont respectivement $\frac{K\,E^2}{2\,A^2}$ et $\frac{K'\,E'^2}{2\,A'^2}$. On peut appeler rendement *acoustique* le rapport des énergies vibratoires du récepteur et du transmetteur

$$v = \frac{K'}{K}\,\frac{E'^2}{E^2}\,\frac{A^2}{A'^2} = \frac{K'}{K}\,\frac{A^2}{A'^2}\,\frac{\sin^2(\lambda - \alpha)}{\sin^2\lambda} = \frac{K'\,A^2}{K\,A'^2}\,\rho^2\cos^2\alpha$$

Le travail élémentaire total dépensé au transmetteur par la force d'entretien $f(x)$ est

$$dW = f(x)\,dx = A\,i\,dx + B\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt = d\mathcal{E} + \frac{B}{A^2}\,e^2\,dt$$

et donne, pendant l'unité de temps,

$$W = \frac{I\,E\cos\alpha}{2} + \frac{B\,E^2}{2\,A^2} = \frac{I\,E}{2}\left(\cos\alpha + \frac{B}{A^2}\,\frac{R\,\mathrm{tang}\,\lambda}{\sin\alpha}\right.$$

Le travail absorbé par le récepteur étant

$$W' = \mathcal{E}' = \frac{I\,E'\cos\alpha'}{2} = \frac{I\,E'}{2}$$

le rendement *mécanique* a pour expression

$$u = \frac{W'}{W} = \frac{E'}{E}\,\frac{1}{\cos\alpha + \frac{B\,R}{A^2}\,\frac{\mathrm{tang}\,\lambda}{\sin\alpha}} = \frac{\rho}{1 + \frac{B\,R}{A^2}\,\frac{\mathrm{tang}\,\lambda}{\sin\alpha\cos\alpha}}$$

Si l'angle λ est très petit, ce qui a lieu généralement, l'angle α est à plus forte raison très petit, et le rendement acoustique est à peu près indépendant de la période de vibration.

Il en est de même pour le rendement mécanique, car on a

$$\frac{R\,\mathrm{tang}\,\lambda}{\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{1}{\cos^2\alpha}\,\frac{R\,\mathrm{tang}\,\lambda}{\mathrm{tang}\,\alpha} = \frac{A'^2 + R\,B'}{B'\cos^2\alpha}$$

et l'on peut écrire sensiblement

$$u = \frac{\rho}{1 + \frac{B}{B'}\,\frac{A'^2 + R\,B'}{A^2}}$$

Le courant est le même que si la force électromotrice du transmetteur existait seule, à la con-

dition de remplacer le carré de la résistance du circuit par

$$L^2 m^2 + \left(R + \frac{A'^2}{B'}\right)^2 = R^2 + L^2 m^2 + \frac{A'^2}{B'}\left(2R + \frac{A'^2}{B'}\right)$$

On peut dire, d'une manière abrégée, que le carré de la résistance renferme deux termes fictifs, l'un qui est dû aux effets de self-induction et l'autre à la force électromotrice du récepteur, ce dernier étant variable avec R.

Si le facteur B' qui définit l'amortissement du récepteur est très faible, l'angle α et le courant sont extrêmement petits, le rapport des forces électromotrices et le rendement électrique sont très voisins de l'unité; le rendement acoustique devient

$$v = \frac{K' A^2}{K A'^2}$$

et le rendement mécanique est très faible.

Pour des appareils identiques, on a

$$\tan\alpha = \frac{\tan\lambda}{1 + \frac{A^2}{BR}} = \frac{BLm}{A^2 + BR}, \quad \rho = \frac{1}{1 = \frac{BR}{A^2}}$$

$$v = \frac{\sin(\lambda - \alpha)}{\sin\lambda} = \rho^2 \cos^2\alpha, \quad u = \frac{\rho}{1 + \frac{A^2 + BR}{A^2 \cos^2\alpha}} = \frac{\rho \cos^2\alpha}{2\cos^2\frac{\alpha}{2} + \frac{BR}{A^2}} \tag{9}$$

Le rendement mécanique est toujours inférieur à $\frac{1}{2}$. Quand les amortissements sont très faibles, les rendements électriques et acoustiques sont égaux à l'unité et le rendement électrique égal à $\frac{1}{2}$.

4. Le transmetteur et le circuit étant donnés, on peut chercher quel doit être le récepteur pour qu'il absorbe le travail électrique maximum. L'expression de ce travail

$$2\mathfrak{T}' = I E' = \frac{A'^2 I^2}{B'} = \frac{E^2}{\frac{B'}{A'^2}(R^2 + L^2 m^2) + 2R + \frac{A'^2}{B'}}$$

montre que le maximum a lieu pour la condition

$$\frac{A'^2}{B'} = \sqrt{R^2 + L^2 m^2} = \frac{R}{\cos\lambda}$$

On a alors

$$\tan\alpha = \frac{\tan\lambda}{1 + \frac{1}{\cos\lambda}} = \frac{\sin\lambda}{1 + \cos\lambda} = \frac{\lambda}{2}$$

ou

$$\alpha = \frac{\lambda}{2}$$

il en résulte

$$\frac{E'}{E} = \frac{1}{2\cos\frac{\lambda}{2}} \quad \rho = \frac{1}{2\cos^2\frac{\lambda}{2}}$$

$$v = \frac{K' A^2}{K A'^2} \frac{1}{4\cos^2\frac{\lambda}{2}} \quad u = \frac{\frac{1}{\cos^2\frac{\lambda}{2} + \frac{B}{B'}\frac{A'^2 + RB}{A^2}}} \tag{11}$$

Pour des appareils identiques satisfaisant à l'équation (10), ces résultats deviennent

$$\rho = \frac{1}{2\cos^2\frac{\lambda}{2}}$$

$$v = \frac{1}{4\cos^2\frac{\lambda}{2}} \tag{12}$$

$$u = \frac{1}{2\left(\cos^2\frac{\lambda}{2} + 1 + \cos\lambda\right)} = \frac{1}{2\left(1 + \sin^2\frac{\lambda}{2}\right)}$$

Le rendement électrique est supérieur à $\frac{1}{2}$, les rendements acoustiques et mécaniques sont supérieurs à $\frac{1}{4}$.

Des considérations analogues peuvent être appliquées aux circuits dont la capacité électrique n'est pas négligeable ou dans lesquels on introduit des condensateurs.

5. Le téléphone n'est qu'un cas particulier des machines à courants alternatifs. Quand on intercale sur un même circuit deux machines alternatives, on peut mettre la première en marche par une action mécanique et profiter du courant pour entretenir le mouvement de la seconde. Les forces électromotrices des deux machines étant encore représentées d'une manière approximative par une fonction sinusoïdale du temps, il est clair d'abord qu'elles doivent tourner avec des vitesses telles que la période soit la même de part et d'autre. Si l'on admet, comme une première approximation, que le coefficient de self-induction reste constant,

on pourra représenter le courant et les forces électromotrices par les mêmes expressions que plus haut (1).

Lorsqu'on se donne la nature des deux machines et la vitesse de la première, c'est-à-dire les quantités E, E′ et m, les inconnues I, α et α' doivent satisfaire aux équations

$$\begin{aligned} I R &= E \cos\alpha - E' \cos\alpha' \\ I R \operatorname{tang}\lambda &= E \sin\alpha - E' \sin\alpha' \end{aligned} \qquad (2)$$

On peut donc choisir arbitrairement une nouvelle condition, par exemple, donner au rendement électrique

$$\rho = \frac{E' \cos\alpha'}{E \cos\alpha}$$

une valeur déterminée ou faire absorber par le récepteur un travail électrique maximum. Dans cette seconde hypothèse, on égalera à zéro la dérivée de l'expression

$$\mathcal{T}' = \frac{E'}{2} I \cos\alpha'$$

en considérant les quantités I et α' comme des variables, et l'on éliminera les différentielles dI, $d\alpha$ et $d\alpha'$ à l'aide de relations fournies par les équations (2); on obtiendra ainsi une nouvelle équation qui permettra de déterminer tous les éléments du problème. Toutefois, le calcul se présente d'une manière beaucoup moins simple que pour les machines à courant uniforme.

L'angle α est nécessairement plus petit que $\frac{\pi}{2}$, puisque le travail de la machine excitatrice est positif. L'équation

$$E \sin(\alpha - \lambda) = E' \sin(\alpha' - \lambda)$$

montre que les angles α et α' sont en même temps supérieurs et inférieurs à λ.

Si l'angle $\alpha - \lambda$ est positif, on doit avoir $\alpha' > \alpha$ puisque $E' < E$.

Si l'on fait $\alpha' = \alpha$, il en résulte $\alpha = \lambda$; on a alors

$$\rho = \frac{E'}{E}$$

$$I R = (E - E') \cos\lambda$$

$$\mathcal{T}' = \frac{I E' \cos\lambda}{2} = \frac{E'(E - E')}{2 R} \cos^2\lambda = \frac{E'(E - E')}{2\left(R + \frac{L^2 m^2}{R}\right)}$$

Si le rendement ρ est donné, on a

$$\begin{aligned} E' \cos\alpha' &= \rho E \cos\alpha \\ E' \sin\alpha' &= E \sin\alpha - (1 - \rho) E \cos\alpha \operatorname{tang}\lambda \end{aligned}$$

En posant $\frac{E'}{E} = \varepsilon$, il vient

$$\begin{aligned} \varepsilon^2 = {} & [\rho^2 + (1 - \rho)^2 \operatorname{tang}^2\lambda] \cos^2\alpha \\ & + \sin^2\alpha - 2(1 - \rho) \sin\alpha \cos\alpha \operatorname{tang}\lambda \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} & (1 - \varepsilon^2) \operatorname{tang}^2\alpha - 2(1 - \rho) \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\alpha \\ & + \rho^2 - \varepsilon^2 + (1 - \rho)^2 \operatorname{tang}^2\lambda = 0 \end{aligned}$$

Les racines de cette équation ne sont réelles que si le rendement ρ satisfait à la condition

$$(1 - \rho)^2 \operatorname{tang}^2\lambda > (1 - \varepsilon^2)[\rho^2 - \varepsilon^2 + (1 - \rho)^2 \operatorname{tang}^2\lambda]$$

ou

$$\frac{\rho^2 - \varepsilon^2}{(1 - \rho)^2} > \frac{\varepsilon^2 \operatorname{tang}^2\lambda}{1 - \varepsilon^2}$$

Sans aller plus loin dans la discussion des machines alternatives comme un moyen de transport d'énergie, on voit qu'elles peuvent présenter un sérieux intérêt dans les applications.

Les photographies d'éclairs

Dernièrement, la *Société de météorologie* de Londres, a fait appel aux amateurs en vue d'obtenir le plus grand nombre possible de clichés photographiques d'éclairs, et si nous ne faisons erreur, on a proposé, dès la première séance de cette année de l'*Association Britannique*, d'établir une série d'observatoires pour la prise régulière et systématique de ceux-ci.

Nous ne savons quel sera le sort de cette proposition; il serait assez facile, nous semble-t-il, d'adjoindre, au moins un service de ce genre, dans les divers observatoires existants.

Quoiqu'il en soit, nous profitons de cette occasion pour revenir sur les travaux d'un observateur de Paris, M. Moussette, qui s'occupe depuis quelques années, dans son laboratoire privé d'Auteuil, de différentes applications scientifiques de la photographie. M. Moussette, en particulier, nous a fait voir de fort belles photographies du

spectre solaire ; mais il a surtout étudié les éclairs et les étincelles électriques.

L'année dernière déjà, M. Moussette avait publié dans une Note des *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences* (1) (5 juillet 1886), le résultat de ses observations sur deux éclairs enregistrés dans son appareil sur la même plaque, à quelques minutes d'intervalle.

L'auteur avait alors annoncé, mais sans oser en faire une théorie générale, le fait que les éclairs se présentent sous la forme de spirales irrégulières, dont l'enroulement est tantôt dextrorsum, tantôt sinistrosum ; on peut même avoir dans le même éclair les deux sens d'enroulement,

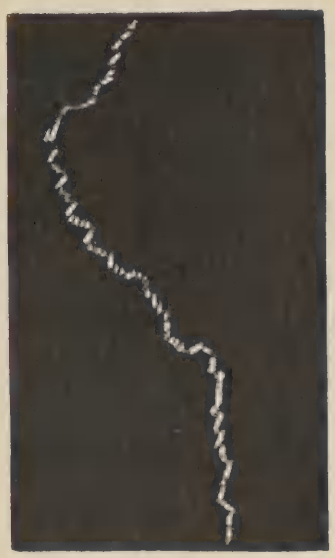


Fig. 1

comme c'est le cas pour la figure 2 qui représente un des éclairs fixés le 2 mai 1886.

Dans la figure 1, au contraire, l'hélice est dextrorsum. Elles ont été faites d'après une épreuve photographique agrandie que l'auteur a bien voulu nous communiquer.

La figure de l'éclair serait dans le genre de celle de la trajectoire d'une fusée animée, à côté de sa translation, d'un mouvement giratoire.

C'est avec intention que nous employons le mot trajectoire, car la considération de ces épreuves a amené M. Moussette à se représenter l'éclair comme un phénomène matériel, et produit par la trace dans l'espace de la foudre globulaire, illustrée par les expériences de M. Planté.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXI, p. 123.

Comme l'auteur le dit dans une addition qu'il a ajoutée postérieurement à sa Note : « La foudre doit être constituée par une faible masse d'air et de vapeur arrachée à la surface du nuage électrisé positivement, condensée dans un état particulier d'équilibre instable et entraînée vers le pôle négatif par l'attraction que détermine la différence de potentiel. »

« Cette masse produit sur son passage, outre les effets calorifiques et dynamiques que l'on connaît, une impression lumineuse qui se produit, sur la rétine comme sur la plaque photographique, par une trajectoire continue et instantanée. »

« Voilà l'éclair tel qu'on le voit généralement ».

Dans les rares cas où on a observé, réellement, la foudre globulaire, il faut admettre que sa vi-

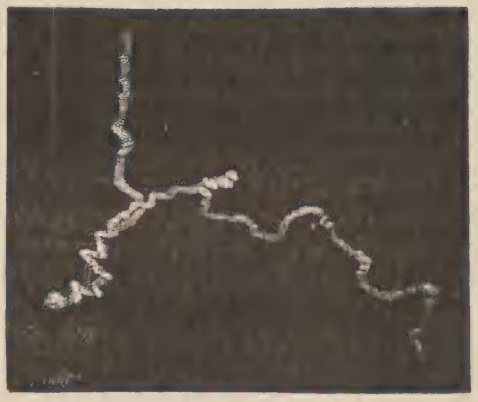


Fig. 2

tesse a été ralentie par une cause ou par une autre, résistance croissante, inversion des polarités, etc.

Cette représentation de la foudre a soulevé, à son apparition, quelque incrédulité, mais nous devons dire que, depuis, l'auteur a continué ses recherches, qu'elles confirment ses premières vues et qu'elles attirent une attention sérieuse de la part des physiciens.

Quoiqu'il advienne de l'explication donnée par M. Moussette des faits observés par lui, ceux-ci subsistent, et nous espérons que cette question, qui est remise à l'ordre du jour, en France et en Angleterre, donnera lieu à des travaux qui, en confirmant ses premières recherches, étendront notre connaissance sur le plus terrible des météores, et du même coup, sur la nature intime des phénomènes électriques dans les diélectriques.

E. M.

Sur la polarisation magnétique circulaire du nickel et du cobalt, par M. H.-G. du Bois (1).

Kuntd a observé, il y a quelques années, une rotation du plan de polarisation de la lumière, traversant des couches excessivement minces de fer, de cobalt ou de nickel, placées dans un champ magnétique intense (1). Ces trois substances se comportent qualitativement de la même manière ; la rotation a lieu dans le sens du courant excitateur et sa grandeur dépend de l'intensité du champ. La déviation maximum est, pour le fer, proportionnelle à l'épaisseur de la couche métallique.

On a cherché à expliquer ce phénomène par la théorie du magnétisme de Poisson, modifiée par Neumann, Thomson et Maxwell, mais les résultats obtenus expérimentalement ne concordent pas avec ceux que les calculs faisaient prévoir.

Les formules empiriques de Rowland et Stefan, ainsi que celles de Kirchhoff, satisfont seules aux observations.

M. du Bois a repris l'étude de ce phénomène, en employant la méthode de Kundt, et il a expérimenté uniquement sur le cobalt et le nickel qui n'avaient pas encore fait l'objet de mesures nombreuses.

Ces deux métaux ont été déposés électrolytiquement sur des plaques de verre platiné, en couches dont l'épaisseur variait entre $0{,}36\ 10^{-5}$ c.m. et $1{,}2\ 10^{-5}$ c.m. On plaçait ensuite celles-ci entre les pôles d'un électro-aimant pouvant produire un champ homogène de 17000 unités C. G. S. L'intensité de ce champ se mesurait par la rotation du plan de polarisation de la lumière traversant une plaque de verre préalablement graduée. Aux deux bouts de l'électro-aimant se trouvait un nicol, le premier servant de polariseur et le second d'analyseur. La source lumineuse était le soleil ou une lampe à arc.

Les résultats obtenus varient avec le degré de pureté des métaux, ainsi qu'avec leur état magnétique antérieur. Pour faire de bonnes mesures, on doit se servir d'échantillons n'ayant jamais été aimantés ; car les dépôts galvaniques de cobalt et de nickel conservent très longtemps un peu de magnétisme rémanent.

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXXI p. 961.
(2) *La Lumière Électrique*, vol. XX, p. 39.

Voici les principaux résultats auxquels est arrivé M. du Bois :

1° La rotation maximum du plan de polarisation de la lumière traversant des couches métalliques est proportionnelle à leur épaisseur ; elle est par unité de longueur et pour la lumière rouge de :

89000°	par centimètre pour le	nickel
198000	—	cobalt
209000	—	fer

2° Pour des couches de cobalt et de nickel (doux), la rotation du plan de polarisation est proportionnelle à l'aimantation transversale ;

3° La loi de Maxwell, d'après laquelle la rotation est égale au produit de la constante de Verdet par la diminution du potentiel magnétique sur les deux faces de la couche métallique, ne s'applique pas au cas du fer, du cobalt et du nickel, corps pour lesquels la constante de Verdet n'existe pas et doit être remplacée par la loi suivante plus générale :

La rotation que subit une composante rectiligne de mouvement ondulatoire lumineux, traversant une couche lamellaire d'une substance isotrope aimantée, est égale algébriquement au produit d'une constante ψ par l'augmentation du potentiel magnétique sur les deux faces de la couche.

La constante ψ a les dimensions $L^{-\frac{1}{2}} M^{-\frac{1}{2}} T$; elle est égale à la constante de Verdet divisée par la susceptibilité magnétique de la substance et dépend de la longueur d'onde de la lumière employée et probablement aussi de la température.

En général, le signe de ψ est positif pour tous les corps magnétiques tels que le fer, le cobalt, le nickel, l'oxygène, les sels de cobalt, de nickel, de manganèse ; il est négatif pour les sels de fer, l'azote, l'hydrogène et tous les composés diamagnétiques ne renferment aucun élément qui présente à l'état libre des propriétés magnétiques.

La valeur de ψ a été mesurée par M. du Bois, qui a employé la lumière rouge et a trouvé :

$\psi = +3{,}99$ C. G. S.	pour le	cobalt
$\psi = +3{,}15$	—	nickel
$\psi = +2{,}63$	—	fer

Le magnétisme rémanent des couches métalliques rend très difficile l'étude de ce phénomène et les observations faites jusqu'à présent ne permettent pas d'en établir une théorie complète. On sait que la rotation δ est une fonction de la longueur d'onde de la lumière employée, et de l'intensité du champ ; l'aimantation I de la couche métallique est une autre fonction de cette intensité et si l'on compare les courbes obtenues pour δ et I, on observe que leurs ordonnées sont proportionnelles, ce qui permet de poser :

$$\delta = \psi \cdot \lambda I.$$

Afin de voir si c'est l'aimantation de la couche lamellaire qui produit à elle seule la rotation du plan de polarisation, il faudrait faire varier I en conservant le même échantillon ; mais le magnétisme rémanent des couches étudiées s'est toujours opposé à cette étude et la question n'a pas pu jusqu'à présent être élucidée complètement.

A. P.

Essais de machines dynamos, modification de la méthode de Cardew, par M. Hummel

La difficulté des mesures mécaniques du travail, en particulier au moyen du dynamomètre de transmission, a engagé depuis longtemps les électriciens à rechercher des méthodes pour l'essai des dynamos, où l'on n'aurait à prendre que des mesures électriques, bien plus aisées comme l'on sait.

Une des plus anciennes, celle qu'a indiquée le capitaine Cardew [1] et dont la figure 1 représente le schéma a l'inconvénient de ne donner que le rendement industriel combiné d'un moteur D_1 et d'une génératrice D_2. Dans certains cas de transmissions électriques, on peut avoir à relever précisément ce rendement combiné, mais dans les essais proprement dits de dynamos, les conclusions qu'on pourra tirer de mesures faites par cette méthode, sont entachées de quelque incertitude.

On peut en dire atant de la méthode semblable employée par M. Hopkinson, dont nous avons déjà parlé à plusieurs reprises.

M. Hummel, l'ingénieur de la maison Schuckert, a indiqué [2] une modification de cette méthode, qu'il emploie depuis 1884 pour tous les essais de machines dynamos, et en outre, pour la détermination des rendements mécaniques, des transmissions, engrenages, etc.

La méthode est basée sur l'emploi d'une machine dynamo employée comme moteur étalon, et pour laquelle on a déterminé préalablement, par

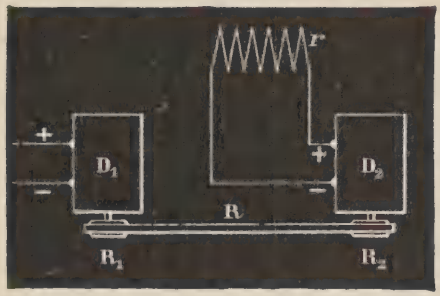


Fig. 1

des essais au frein, le travail mécanique utile correspondant à chaque valeur de courant, de potentiel et de la vitesse. Cet essai préliminaire, fait une fois pour toutes, ne présente pas de trop grandes difficultés ; on peut simplifier en opérant méthodiquement, par deux séries d'expériences, dans lesquelles on fait varier d'une manière continue une des variables (vitesse ou courant), en maintenant constante la seconde (courant ou vitesse), et en notant les valeurs correspondantes des deux autres grandeurs (potentiel et travail absorbé au frein).

L'essai d'une machine dynamo se fait alors

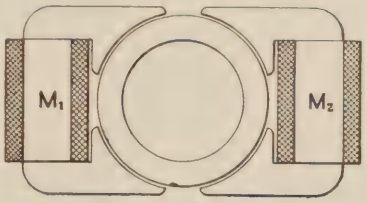


Fig. 2

très facilement d'après la méthode de la figure 1.

Connaissant la vitesse et le potentiel en D_1 on connait le travail transmis par la poulie R_1 ; les mesures électriques relatives au circuit extérieur de résistance *r* donnant le travail électrique obtenu ; le calcul permet de déterminer directement le rendement électrique de D_2 et une soustraction donne l'ensemble du travail absorbé par la transmission R_1 R_2, et les diverses pertes qui se produisent

(1) *Electrician*, v. XVII, n° 19.

(2) *Elektrotechnische Zeitschrift*, v. VIII, n° 8.

dans la dynamo, par le fait des frottements mécaniques, des courants de Foucault, de la mise en court-circuit des sections par les balais, et par suite du cycle d'aimantation.

Si l'on veut séparer les pertes de travail dues à la transmission, il faut faire encore une série de mesures au frein sur l'axe de R_2, avec différentes charges ; ce sont les chiffres indiqués dans la 8e colonne du tableau suivant, qui se rapporte à l'application de cette méthode à une machine à 4 pôles (fig. 2), marchant à une vitesse constante, qui n'est, du reste, pas même indiquée.

Courant	Potentiel aux bornes (V)	Travail transmis (I)	Travail électrique utile fourni (II)	Rendement industriel en o/o (VI = II:I)	RI^2 (III — II)	Rendement électrique en o/o (VII = III:II)	Travail absorbé par la transmission (IV — I)	Travail perdu dans la machine (IV — III	Coefficient de transformation en o/o (III:IV)
0	1,5	90	0	0	0	—	90	0	—
8	22,5	360	180	50,0	11,2	94,1	93	75	70
25	63,8	2 110	1 595	75,6	109,2	93,5	101	304	85
30	78,3	3 000	2 345	78,1	157,5	93,8	103	394	86
35	89,0	3 920	3 110	79,6	214,0	93,6	105	490	87
38	96,2	4 580	3 660	80,1	252,5	93,6	106	560	87
41	101,5	5 180	4 160	80,7	294,0	93,2	108	617	88
46	111,0	6 300	5 100	81,0	370,0	93,3	110	719	88
50	117,0	7 200	5 850	81,2	437,0	92,9	112	800	89
54	122,0	8 100	6 590	81,1	510,0	92,8	114	886	89
59	126,0	9 230	7 410	80,2	609,0	92,6	116	1 070	88
65	129,5	10 650	8 400	79,0	739,0	91,9	118	1 374	87

Tous les travaux (par seconde) indiqués sont exprimés en watts.

La 3e colonne donne le travail transmis par le

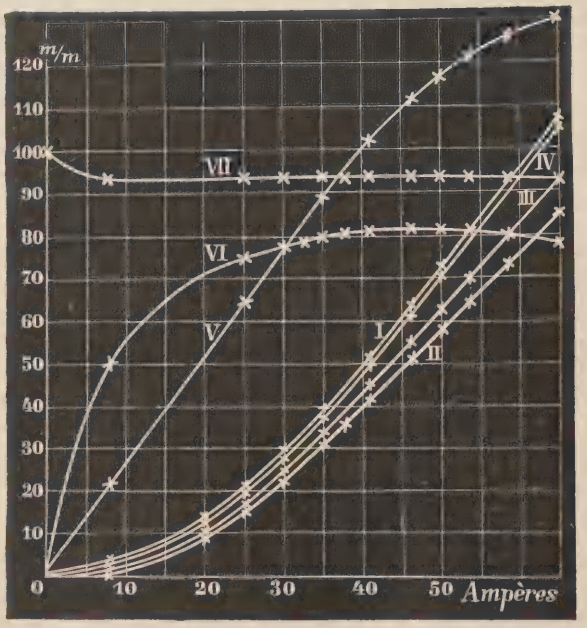


Fig. 3

moteur électrique ; il est représenté en fonction du courant par la courbe I (fig. 3), tandis que le travail électrique utile recueilli est indiqué par la courbe II ; le rapport des ordonnées donne naturellement le rendement industriel de la dynamo (y compris la transmission) ; sa variation est indiquée par la courbe VI.

Le travail électrique converti en chaleur, calculé au moyen de la résistance R et du courant I, ajouté aux ordonnées de II, donne la courbe III, qui représente le travail électrique total obtenu ; le rapport des ordonnées de II à celles de III donne le rendement électrique.

Si l'on retranche du travail fourni celui qui est absorbé par la transmission, on obtient la courbe IV, et la différence des ordonnées de cette courbe et de III donne naturellement les pertes provenant des courants de Foucault, etc., tandis que leur rapport donne ce que l'on peut appeler le coefficient de transformation (dernière colonne ajoutée au tableau donné par l'auteur).

La méthode de M. Hummel est évidemment peu pratique dans le cas d'essais individuels, mais il nous paraît qu'elle peut rendre de bons services dans une fabrique; c'est, du reste, ce qui résulte de son emploi chez M. Schuckert.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

L'accumulateur Reckenzaun. — M. Reckenzaun a inventé un accumulateur dont les plaques

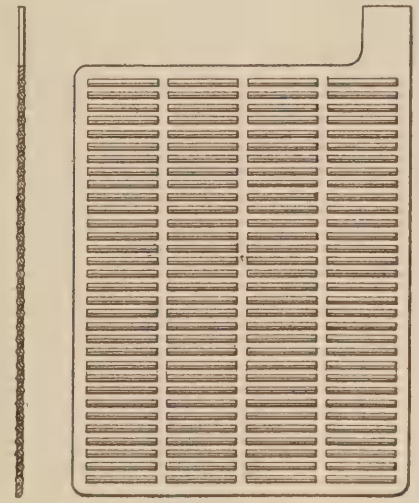


Fig. 1

sont constituées par un procédé nouveau et original; on sait que dans les plaques d'accumulateurs perforées ou en forme de grilles, on a souvent à craindre la chute de la matière active. M. Reckenzaun a remédié à cet inconvénient en formant ses plaques de la manière suivante : on fond le plomb ou un alliage dans un moule peu profond. On répand alors à la surface du plomb fondu, d'une manière régulière, un grand nombre de petits morceaux de plomb spongieux. Ces morceaux flottent sur le métal dans lequel on les incorpore, par la pression d'un couvercle, et on laisse alors refroidir toute la masse.

Un autre procédé de fabrication consiste à placer le plomb spongieux au fond du moule et à verser le plomb fondu par dessus. Le tout est ensuite couvert comme avant et donne en refroidissant une plaque dure et solide dont la figure 1 montre l'aspect.

Ces plaques sont résistantes et ne s'effritent pas; elles ne changent pas de forme pendant le fonctionnement de l'élément, comme c'est le cas quelquefois, avec les plaques ordinaires.

Une nouvelle amorce électrique. — M. George Smith de Polmont, Stirling, a imaginé une nouvelle amorce pour les opérations de mines.

L'amorce ordinairement employée en Angleterre, consiste en deux fils conducteurs isolés, tordus ensemble, et dont les extrémités dénudées sont assez rapprochées, pour que l'étincelle puisse passer.

Généralement, les pointes dénudées des fils sont renfermées dans une cartouche en papier remplie de la poudre d'amorce d'Abel. La fabrication de ces amorces est assez longue et délicate; M. Smith supprime une partie des difficultés en transformant la composition de l'amorce en une pâte, en y ajoutant une substance agglutinante qui n'empêche pas l'étincelle de mettre le feu. Il préfère se servir de collodion, mais on peut également employer une solution de caoutchouc ou de gomme lacque.

Quand cette pâte est appliquée aux extrémités des fils, elle sèche et l'amorce est prête à fonctionner. Pour plus ample protection de l'amorce, on ajoute une enveloppe extérieure en boyau verni.

Le dynamo-galvanomètre Maxwell-Jolin. — Nous avions déjà le dynamo-téléphone de

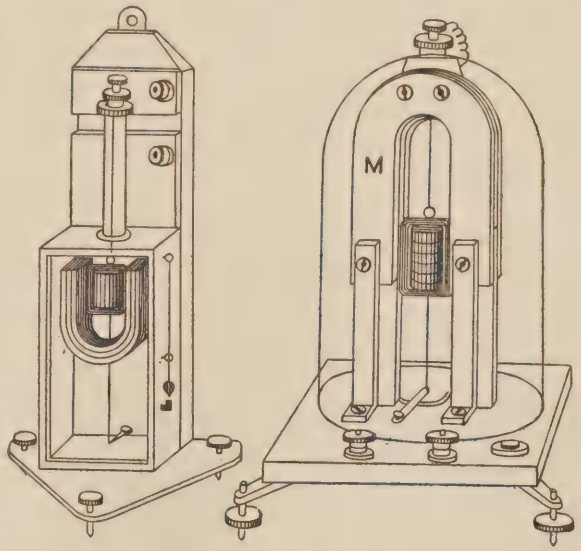


Fig. 2 et 3

M. S. Thompson; MM. Maxwell et Jolin ayant dernièrement modifié le galvanomètre de MM. d'Arsonval et Deprez ont cru devoir le décorer du nom de dynamo-galvanomètre. Le nouvel appa-

reil, comme son modèle, se compose naturellement d'une bobine mobile oscillant dans le champ d'un aimant fixe puissant en forme de fer à cheval.

L'instrument est représenté sur la figure 1.

L'aimant M est composé, toujours comme dans l'appareil bien connu de M. Carpentier, de 3 aimants élémentaires en fer à cheval, dont chacun est fortement aimanté. La bobine C est suspendue entre deux pôles au moyen de deux fils métalliques très fins.

La bobine est de forme rectangulaire et ne pèse que quelques grains. Elle ressemble à la bobine du recorder de Sir W. Thomson.

Pour renforcer le champ magnétique, un petit aimant composé est placé à l'intérieur de la bobine [1].

La figure 3 représente une autre forme un peu différente de l'instrument.

Un petit fil à plomb permet de placer l'appareil de niveau.

La sensibilité de ces instruments serait très grande; une déviation de une division correspondrait à 1/100.000.000 d'ampère.

L'association britannique. — La 47e réunion annuelle de l'association britannique pour l'avancement des sciences a été ouverte le mercredi 31 août à Manchester, par le nouveau président, sir Henri Roscoe, qui a prononcé le discours d'inauguration.

Le Président a parlé des travaux de Joule et de Dalton, tous les deux originaires de Manchester, et il a retracé les progrès de la chimie pendant les 50 dernières années.

Il a souhaité la bienvenue aux savants étrangers qui honoraient l'association par leur présence et il a exprimé l'espoir que la réunion actuelle à Manchester serait le commencement d'une organisation scientifique internationale.

Le nombre des membres et des associés n'a jamais été aussi grand que cette année, et depuis le commencement des séances on n'en a pas inscrit moins de 3568 ; ce chiffre sera certainement dépassé avant la fin de la réunion.

L'association avait été invitée à se réunir à Melbourne et à Sydney, en Australie; mais ces propositions ont été retirées, et la prochaine réunion aura probablement lieu à *Newcastle-on-Tyne*.

Je rendrai compte ultérieurement du très grand nombre de communication annoncées sur des sujets touchant à l'électricité. Je puis cependant dire qu'on a proposé l'établissement d'une série d'observations pour la photographie des éclairs dans tous les pays. Il est grandement temps de commencer l'étude de cette question si longtemps négligée. Les orages ont dernièrement causé de grands dégâts et coûté la vie à plusieurs personnes dans notre pays, et la proposition arrive au bon moment. Pourquoi ne pas essayer de réduire cette source de danger au minimum, en donnant une protection efficace aux constructions ?

J. Munro

États-Unis

Indicateur Hammer pour le sens du courant. — On a quelquefois à déterminer le sens d'un

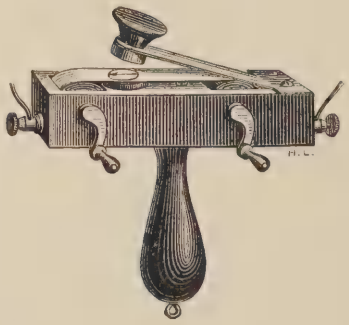


FIG. 1

courant électrique, par exemple, en galvanoplastie, et dans les stations centrales, avec le système à trois fils ; on doit également pouvoir s'en assurer quand on place des compteurs du genre Edison.

M. Hammer a récemment combiné un petit appareil (fig. 1) qui peut rendre des services ; il suffit

[1] Il est à peine besoin de faire remarquer que, à part la position renversée de l'aimant (!) ce galvanomètre ne diffère en rien de celui qui est universellement connu sous le nom de galvanomètre Deprez-d'Arsonval.

N. D. L. R.

de relier à deux points du circuit les fils de connexion, et d'appuyer sur le bouton pour obtenir, ou non, suivant le sens du courant, une petite figure qui apparait en bleu avec une flèche indiquant le sens du courant.

La bande de papier buvard, imbibé d'une solution de ferri-cyanure de potassium, passe au-dessus d'un contact métallique relié à l'une des bornes ; l'autre borne communique par le ressort métallique à un coin de fer portant en relief une flèche et le mot positif.

Si on presse sur le bouton, et que le courant passe par le ressort et le coin au contact, la petite image paraîtra en bleu sur le papier ; s'il n'y a pas de marque, cela indique que le sens des polarités est l'inverse de celui que nous venons d'indiquer.

Le moteur électrique de Daft sur le chemin de fer aérien a New-York. — La locomotive de Daft le *Ben Franklin* fonctionnera prochainement sur le chemin de fer aérien de la 9e avenue à New-York. Les expériences de traction électrique qui ont été faites sur cette ligne par la *Daft Electric Light C°*, ont duré assez longtemps et il serait intéressant d'en résumer les résultats. La première expérience eut lieu en automne 1885 ; elle avait donné, déjà des résultats satisfaisants, mais non encore suffisants.

Le moteur était d'une force de 75 chevaux, ce qui, quoique suffisant pour obtenir la vitesse voulue, même sur les plus fortes pentes, avec charge complète, n'avait cependant pas cet excès de puissance nécessaire pour donner une accélération rapide au démarage, ce qui est indispensable dans un service de ce genre où les arrêts sont fréquents.

L'expérience a démontré qu'il fallait, pour cela, pouvoir développer jusqu'à 120 chevaux pour les locomotives à vapeur. Il est évident qu'il n'y avait qu'une chose à faire, augmenter la puissance du moteur, qu'on a portée à 125 chevaux.

Quand tout était prêt pour l'essai, l'administration du chemin de fer exigea la suppression du conducteur qui était formé par un troisième rail central, et qui gênait l'exploitation. On l'a remplacé par une tige de cuivre d'un diamètre de 18 millimètres, placée en dehors et parallèlement à la voie, mais la préparation d'une longueur de 6,5 kilomètres de ce système avec les isolateurs et commutateurs nécessaires, etc., ainsi que le maintient sans interruption des communications du service journalier, ont retardé jusqu'ici l'essai de la traction électrique.

Les expériences définitives auront certainement lieu avant le commencement de l'hiver prochain.

Indicateur de Hammer pour le système Edison a trois fils. — Si l'on veut obtenir avec le système Edison à trois fils les meilleurs résultats, il faut que le courant dans le troisième fil soit aussi faible que possible. En pratique, il n'est jamais pos-

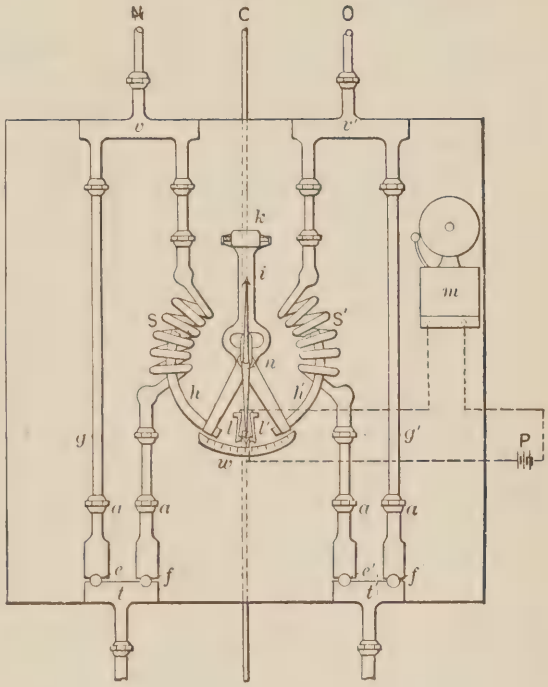


Fig. 2

sible de maintenir l'égalité entre la consommation du courant des deux côtés du système et, par conséquent, l'équilibre dans le fil neutre.

Il est évidemment avantageux de faire passer des abonnés d'un côté à l'autre, pour rétablir autant que possible cet équilibre ; mais pour cela il est nécessaire d'avoir une indication du courant qui circule dans le troisième fil.

C'est dans ce but que M. Hammer, le directeur de la station Edison, de Boston, a construit un indicateur d'équilibre ; en étudiant pendant la journée entière ses indications, il est possible d'établir la meilleure répartition des abonnés d'un district donné.

L'apareil, qui est placé sur les feeders, est un

simple galvanomètre différentiel; il se compose, comme l'indique la figure 1, de deux solénoïdes *s s'* qui peuvent être intercalés, au moyen des fiches *e f*, *e' f'* dans le circuit positif ou négatif des feeders N, O.

Si les courants à travers les feeders positif et négatif sont exactement égaux, les noyaux *h h'* subiront le même effort électromagnétique et l'aiguille restera au zéro.

Si, au contraire, le côté positif est parcouru par un courant plus intense, et, dans ce cas, le fil neutre sera parcouru par un courant négatif, l'aiguille déviera d'un côté et *vice versa*.

Au moyen d'une échelle appropriée, on peut naturellement obtenir la différence des courants dans chaque système, soit le courant qui traverse le fil neutre.

Mais l'appareil peut, en outre, servir à indiquer le courant total, de chaque côté du fil neutre; en insérant la fiche en *e'* et *e*, on mesure le courant dans le conducteur positif, et l'inverse, quand on met les fiches en *f f'*.

En outre, l'appareil sert aussi d'avertisseur automatique, dans le cas où l'un des feeders est surchargé, ou mis en court-circuit. Dans ce cas, le contact fusible, reliant le feeder avec le circuit principal dans la station, fondra, en mettant le feeder hors circuit.

Avec cette disposition, les lampes de ce côté là ne sont pas éteintes, car étant placées sur le réseau des conducteurs principaux, elles seront alimentées par d'autres feeders. Mais cet accident n'en est pas moins préjudiciable, et tend naturellement à faire baisser le potentiel aux lampes; il est donc avantageux que le personnel soit averti. Pour cela le circuit d'une pile P et *d'* une sonnerie *m* est fermé par les contacts *l l'*, dès que l'un des feeders n'étant plus parcouru par un courant, le solénoïde appartenant à l'autre attire à fond le noyau.

On peut alors rétablir le circuit en remettant un contact fusible pour un courant plus intense.

La terre automatique de M. Robbins pour les lignes télégraphiques. — La très grande majorité des télégraphistes employés par les chemins de fer dans notre pays ne sont pas chargés exclusivement de la transmission des dépêches, mais dans les petites gares, ils s'occupent également de la vente des billets, de l'expédition des marchandises, de la comptabilité, etc. Toutes ces occupations tendent à distraire l'attention de l'employé du télégraphe.

C'est dans le but de remédier à cet inconvénient que M. A. C. Robbins, l'électricien de la *Robbins Electric-Signal and Telephone Association* a imaginé le circuit télégraphique représenté sur la figure 3.

Le perfectionnement réalisé par M. Robbins consiste à employer un courant normal continu, qu'on augmente au moment de l'envoi d'un signal. Ceci s'effectue en shuntant la résistance R. par le transmetteur K.

L'objet principal de l'invention est, en outre, d'empêcher l'interruption de la ligne qui, généralement, serait le résultat d'une rupture ou d'une mise à la terre; il y arrive en disposant un circuit de terre qui complète automatiquement la ligne à la dernière station accessible, quand une rupture a lieu. On peut localiser la rupture d'une façon assez exacte au moyen d'un galvanomètre intercalé dans le circuit, et qui en indique la résistance relative.

Tout en s'adaptant parfaitement à un grand nombre de circuits électriques différents, ce système convient particulièrement pour le service télégraphique des chemins de fer.

Sur la figure, H H' sont les stations aux deux extrémités de la ligne, à laquelle le système est appliqué, tandis que 1, 2, 3 sont des stations intermédiaires.

Les appareils de transmission ne sont pas représentés aux stations H, H', mais ce sont les mêmes qu'aux stations intermédiaires.

Si la ligne n'était pas interrompue en X, par exemple, un courant continu d'une intensité déterminée passerait de la pile P à travers les relai E, le galvanomètre J et le rhéostat *r* jusqu'à la ligne L et la station n°1; il traverserait l'électro M, la résistance R, l'appareil récepteur S, l'électro *m* et d'une manière analogue les stations 2, 3 et H' pour aboutir à la terre à travers la pile P'.

Ce courant est assez intense pour aimanter les électros M, *m* à toutes les stations et séparer les armatures A des vis des plaques de terre G G, mais il est insuffisant pour attirer les armatures des récepteurs et donner lieu à un signal.

Si une interruption a lieu en X, il se produit une désaimantation momentanée des aimants M *m*, les armatures retombent toutes et viennent en communication avec les terres G G. A partir de ce moment, un courant dérivé s'établit en D *d*;

il aboutit à la terre par les résistances C, une autre partie continue à traverser M, O, R et S, jusqu'à *d*, où une seconde dérivation a lieu. La partie du courant qui traverse M, suffit cependant pour attirer l'armature A, et ainsi rompre la communication à la terre, après quoi tout le courant passe à *d* où la mise à la terre cesse également, l'aimant *m* étant suffisamment excité pour attirer son armature *a*.

L'une après l'autre, toutes les mises à la terre sont ainsi rompues, excepté celles des armatures a^2 et a^3. des stations 2 et 3. Par suite de la rupture en X, leurs électro-aimants respectifs ne se trouvent sur aucun circuit, et ils doivent forcément rester à la terre, complétant un circuit jusqu'au point de rupture, jusqu'à ce que la réparation soit faite. Les résistances C^1, C^2 et C^3 sont un peu plus élevées que celle des électro-aimants M, *m*. Elles servent de compensation quand ces aimants sont mis hors-circuit par la rupture, et

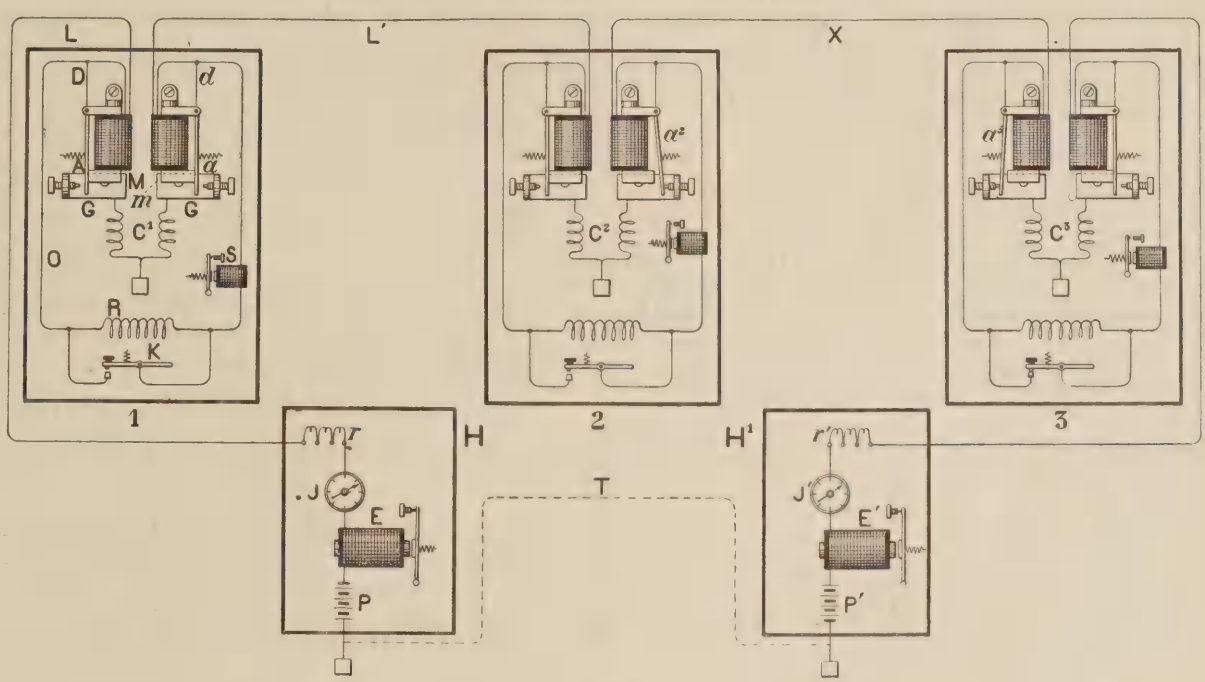


Fig. 8

elles égalisent le courant à la terre et à la ligne, quand une dérivation a lieu entre D, *d*. Il y en a deux pour chaque terre, afin d'empêcher un court-circuit entre A*a*, quand les deux sont à la terre.

Afin de maintenir l'état normal du circuit de P sur a^2 l'employé en H compense, au moyen du rhéostat *r*, la résistance que présentent ordinairement les stations 3 et H^1.

Connaissant d'avance et à peu près l'importance de cette résistance, il voit de suite le nombre des stations enlevées du circuit.

Toutes les clefs de transmission sur le circuit sont, en général, laissées ouvertes. La clef de la station 3 est représentée fermée, mettant la résistance fixe R en court-circuit et donnant un signal, par suite de l'augmentation du courant qui en résulte, indiqué par les relais *m*, S et H^1 et par la plus forte déviation sur le galvanomètre J.

En supposant qu'il existe une ligne entre H et H^1, comme celle indiquée en pointillé T, on pourrait la relier comme c'est indiqué, en supprimant les terres des piles, P et P^1, qui deviendraient alors des piles intermédiaires ; on aurait alors un circuit complet de la terre en C^3 à la terre en C^2 qui permettrait de communiquer entre les deux stations extrêmes.

Si les employés négligent de fermer leurs clefs ou de mettre la ligne à terre, afin de pouvoir communiquer en cas d'interruption, les communications ne cesseront pas avec ce système, de sorte que les fonctionnaires d'un chemin de fer pourront toujours contrôler la marche des trains.

J. Wetzler

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

181787. — SOCIÉTÉ ELECTROTECHNISCHE FABRIK CANNSTADT (24 février 1887). — CONSTRUCTION D'ARMATURES POUR MACHINES DYNAMOS A COURANTS CONTINUS SANS COLLECTEUR DE COURANT A LAMETTES.

Nous avons le regret de ne pouvoir donner une explication suffisamment complète de ce brevet. Les dessins montrant les dispositions pratiques employées par la société

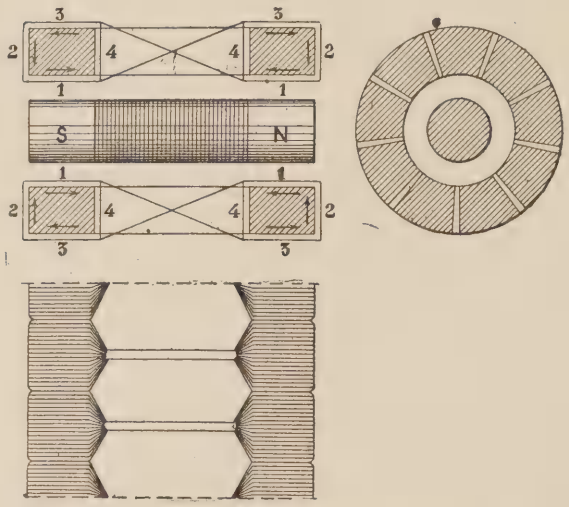


Fig. 1, 2 et 3

de Cannstadt sont, en effet, illisibles et cela est d'autant plus regrettable que le principal intérêt de cette invention réside dans la réalisation matérielle de l'idée. Nous nous bornerons donc à l'exposé du principe que les figures ci-jointes feront facilement comprendre.

La machine en question est unipolaire. L'inventeur ayant constaté, comme tout le monde, que, pour toutes les machines de cet ordre, les bobines ou anneaux ordinaires ne donnent rien, a cherché une armature particulière permettant de recueillir un courant continu, sans faire usage d'un collecteur à lamettes.

Considérons (fig. 1) un électro-aimant droit N S et plaçons autour de chaque pôle un anneau. Il est clair que, si on fait tourner ces deux anneaux autour des pôles, on ne recueillera absolument rien et que les forces électromotrices engendrées dans le fil seront de sens inverse deux à deux. Au contraire, si l'on pouvait, d'un côté de l'anneau, détruire la polarité, par un conducteur magnétique par exemple, une partie du fil deviendrait inactive et, par suite, celle qui lui est opposée pourrait être utilisée.

Cette idée a été réalisée dans le cas actuel par l'armature de la figure 1 qui, au lieu de se composer de 2 anneaux distincts, n'est en réalité qu'un cylindre. En effet, les deux moitiés seront reliées par des échelons en fer, ne laissant entr'eux que l'espace nécessaire au passage de l'enroulement, et, de la sorte, les lignes de force entrant par le côté 2 sont rassemblées et prolongées, pour ainsi dire, par les échelons reliant en un tout les deux moitiés de l'armature.

En un mot, les deux armatures ont un fer commun, constitué par une sorte de cylindre entaillé en son milieu, pour laisser passer les fils, comme on le voit dans les fig. 2 et 3, qui sont un développement de l'armature et une coupe transversale. De la sorte, les lignes de force entrant en N par les côtés 1, 2, 3, pénètrent par les parties pleines de l'armature jusqu'en S, pour ressortir aux endroits correspondants de l'autre côté et donner naissance à un courant dont les flèches indiquent le sens.

Evidemment, si les choses sont ainsi faites, la machine peut donner quelque chose; mais, d'un schéma à une machine pratique, il y a encore loin et, malheureusement, nous l'avons dit, il nous a été impossible de comprendre comment seront faites, en réalité, les machines que compte exploiter la Société de Cannstadt.

181836. — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRANSPORT DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ (26 février 1887). — SYSTÈME GÉNÉRAL D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE POUR VOITURES DE CHEMINS DE FER DONNANT UNE INDÉPENDANCE ABSOLUE A CHAQUE VOITURE ET MÊME A CHAQUE COMPARTIMENT.

C'est une idée bien originale que celle qui a inspiré ce brevet.

Société anonyme, etc., ne veut probablement pas dire que ce sont les actionnaires qui ont imaginé le dispositif que nous allons décrire; sans doute, c'est à M. Marcel Deprez qu'il le faut attribuer, et pourtant on ne trouve pas là la simplicité qu'il cherche toujours à donner à ses inventions.

Pour l'éclairage des wagons, en effet, ladite société revendique l'emploi d'un moulin à vent ou d'une turbine à air, placée sur chaque voiture. Par le mouvement du train, la colonne d'air refoulée ferait tourner les ailettes, et le travail développé par ce moteur pourrait actionner une petite dynamo chargeant des accumulateurs, dont le courant, enfin, alimenterait les trois ou quatre lampes du wagon.

Mais, direz-vous, les jours où le vent soufflera dans le sens même de la marche du train (et cela arrivera certainement, car à chaque instant il y a, dans le monde, des

trains allant dans toutes les directions), comment le moulin tournera-t-il?

Cela est à voir ; mais, pourtant, l'objection n'est pas très sérieuse, car un vent de 50 à 60 kilomètres à l'heure étant assez rare, il reslera généralement une différence de vitesse qu'on pourra utiliser. Mais, en revanche, et c'est là le point capital, si vous essayez de calculer une turbine à air capable de donner quelques kilogrammètres dans ces conditions, vous arriverez à des dimensions incompatibles avec l'espace dont on dispose sur le toit des wagons.

Il faudrait, pour utiliser l'invention de M. Deprez, donner aux roues un diamètre de 1,50 ou 2 mètres au moins, c'est-à-dire changer tous les gabarits existants, et refaire les tunnels : ce serait assez cher et, sans se compromettre beaucoup, on peut prévoir qu'aucune tentative ne sera faite dans cette voie.

181961. — GILLOT (4 Mars 1887). — PROCÉDÉ D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE AUTOMATIQUE DES TRAINS DE CHEMINS DE FER EN MARCHE.

Encore un malheureux brevet, à rapprocher de celui que nous avons analysé précédemment et qui ne pourra guère rapporter grand'chose à son inventeur.

Savez-vous ce que M. Gillot brevète, en effet ? — Non ; eh bien ! c'est bien simple : c'est l'idée qui est venue à tout le monde depuis fort longtemps, et qui consiste à placer une machine dynamo sur l'essieu d'un wagon, pour charger des accumulateurs pendant la marche.

Pas de détails, n'est-ce pas ? — Vous avez la même opinion que nous sur ce point.

182017. — LABRE (5 Mars 1887). — SYSTÈME DE FERS A CHAUFFAGE ELECTRIQUES DITS «FERS ÉLECTROCALORIGÈNES LABRE».

Repasseuses, chapeliers, appréteuses de tissus, coiffeurs, etc., c'est à vous que ce discours s'adresse. M. Labre met à votre disposition ses fers électrocalorigènes. Ces fers affectent à peu près la forme que vous connaissez, seulement ils sont creux et, dans leur intérieur, sont disposées des baguettes de charbon, qu'un courant électrique rend incandescentes et qui peuvent ainsi porter à une température convenable la partie travaillante de l'instrument. En outre, à la poignée est adjoint un petit ressort, qui fait commutateur, de manière à ce que le circuit ne soit fermé que l'orsqu'on tient le fer à la main.

Avec de semblables engins, il n'est plus besoin de fourneau à charbon ou à gaz ; mais, en revanche, il faut avoir des accumulateurs chez soi ; ce qui n'est, malheureusement, pas encore à la portée de tout le monde.

181832. — HERMITE, PATERSON et COOPER (26 février 1887). — DISPOSITION D'ÉLECTRODES POUR ÉLECTROLYSER LE CHLORURE DE MAGNÉSIUM DANS LE BUT DE BLANCHIR PAR LE PROCÉDÉ HERMITE.

La disposition précitée est représentée par les deux coupes ci-jointes, faites suivant des plans perpendiculaires.

Un bassin rectangulaire A, en ardoise, a deux ouvertures,

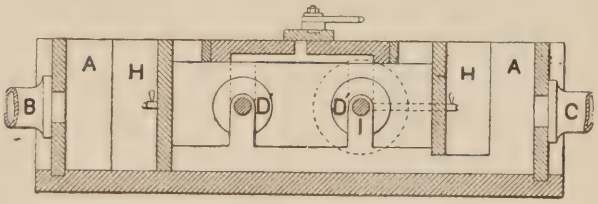


Fig. 1

l'une en B, l'autre en C, pour qu'une solution de chlorure de magnésium y puisse circuler d'une manière continue. Dans ce vase sont placées les électrodes positives et négatives, de la manière indiquée par le dessin.

Les électrodes positives sont en platine D, les négatives E, sont en zinc. Les premières sont constituées par des feuilles de platine supportées par une monture F isolante, faite de deux morceaux boulonnés entr'eux. Le sommet de cette monture a la forme d'une espèce de boîte, et le sommet de la feuille de platine y est encastré dans un bloc de métal séparé de la solution qui, par la

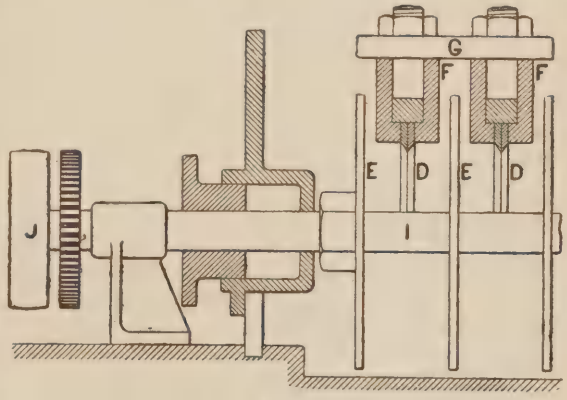


Fig. 2

barre G, relie les électrodes au pôle + de la machine.

Entre chaque électrode positive est placée une électrode négative, constituée chacune par une rondelle de zinc, montée sur un arbre I et un peu plus large que les plaques de platine.

Chaque bassin renferme deux arbres ainsi garnis et réunis par les engrenages K, de manière à ce qu'on puisse les faire tourner lentement pendant l'opération électrolytique.

Les arbres I sont reliés à la borne négative. De plus des couteaux, que ne montrent pas les figures, grattent la surface des rondelles de zinc pendant la rotation; il s'ensuit que ces électrodes sont constamment propres et que le dépôt tombe au fond du réservoir.

181736. — ADER (24 février 1887). — MODE DE RÉCEPTION DES COURANTS ÉLECTRIQUES AUX EXTRÉMITÉS DES CABLES SOUTERRAINS ET SOUS-MARINS.

En télégraphie, comme on le sait, lorsque l'on opère sur des câbles de très grande longueur, il y a déformation des courants. Ceux-ci, d'interrompus qu'ils sont au départ deviennent ondulatoires et, en même temps que par ce fait la transmission des dépêches est assez lente, la réception est toujours difficile.

M. Ader a cherché à parer à cet inconvénient, en cou-

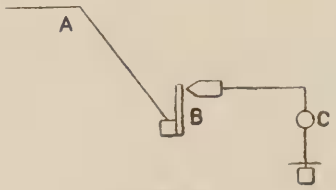


Fig. 1

pant le courant un très grand nombre de fois par secondes, dans le but de saisir les moindres variations et de transformer celle-ci en signaux.

Le dispositif (fig. 1) consiste à monter à l'extrémité du câble A, avant la mise à la terre, un trembleur quelconque B pouvant couper le courant, et un téléphone C. Si pendant la réception d'une dépêche, le circuit est ouvert ou fermé successivement avec une grande rapidité, avec le téléphone C, on perçoit évidemment un bruit variable d'intensité : hou! hou! hou! qui, pour une oreille exercée, peut constituer un alphabet et permettre de reconstituer les émissions du départ.

En tous les cas, c'est fort délicat

181736. — Addition du 16 mars

M. Ader, craignant que le simple procédé indiqué plus haut ne serait pas suffisant, et laisserait insaisissables un grand nombre de variations du courant, a complété son premier brevet par l'addition ci-jointe (figure 2). Là, le système de coupure de la ligne est modifié.

Pour permettre de recueillir les plus petites variations du courant, il laisse subsister toujours un écoulement régulier du courant de la ligne, et l'interrupteur qu'il emploie donne dans le téléphone une note constante que font varier les passages du courant.

A est un contact immobile auquel aboutit le câble. R R′ sont deux lames de ressort reliées chacune à un télé-

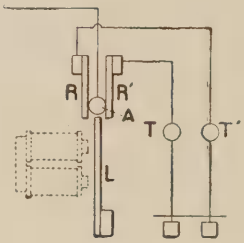


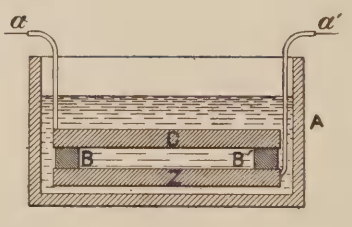
Fig. 2

phone TT′. Entre ces deux lames vibre la lame L d'un trembleur, et comme il n'y a, de la sorte, qu'un seul ressort qui soit jamais écarté du contact A, le courant pour ainsi dire n'est jamais interrompu. M. Ader voit dans cette disposition une sensibilité plus grande que dans la première, et pense qu'en se mettant les deux téléphones T et T′ aux oreilles, on pourra lire facilement des dépêches envoyées avec une assez grande rapidité.

181955. — SCHANSCHIEFF (3 mars 1887). — UN NOUVEAU MODE DE PILE ÉLECTRIQUE A GRANDE CONSTANCE

L'inventeur dont nous voulons bien écrire le nom, mais non pas le prononcer, a, paraît-il, réalisé une pile très constante en utilisant dans ce but le poids spécifique du mercure et son état liquide à la température ordinaire.

Cette pile est représentée ci-contre en coupe verticale.



Au fond d'un vase A en matière isolente, repose une plaque Z de zinc. Sur celle-ci deux tasseaux en caoutchouc BB supportent une plaque C de charbon, qu'on peut remplacer, si l'on veut, par une plaque de platine ou de tout autre métal inattaquable. *a* et *a′* sont les conducteurs protégés par une enveloppe de gutta-percha.

Si dans ce vase A ainsi composé on verse une solution d'un sel de mercure acidulé avec l'acide même qui entre

dans la composition du sel : SO^3 pour le bisulfate, HCl pour le sublimé corrosif, la réaction suivante a lieu.

Par l'électrolyse le mercure est précipité sur le charbon ; par sa gravité même il tombe sur le zinc et y fait une couche d'amalgame liquide. L'eau alors est décomposée par cet amalgame; l'hydrogène se porte sur le charbon et s'échappe dans l'air, tandis que l'oxygène se combine avec l'amalgame, pour former des oxydes de mercure et de zinc.

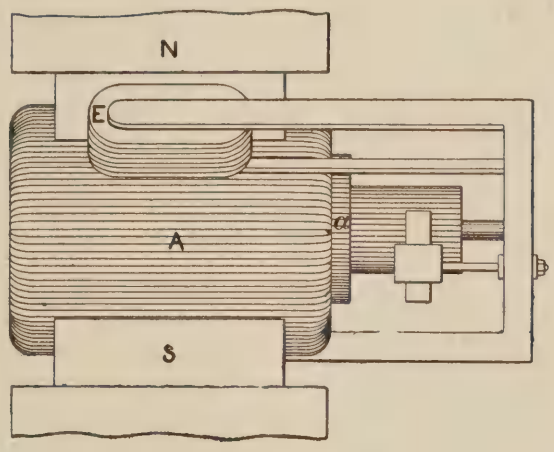
Enfin, l'acide devenu libre se combine avec ces oxydes et forme des sels qui, dissous dans l'eau, se décomposent à leur tour, et ainsi de suite.

L'inventeur affirme qu'une pareille pile, douée d'une constance parfaite, peut remplacer une pile Leclanché d'un litre, si on lui donne $0^m,10$ de longueur, $0^m,05$ de largeur et $0^m,24$ de hauteur.

Ça! nous n'en savons rien.

181835. — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRANSPORT DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ (26 février 1887). — PERFECTIONNEMENT DANS LES MACHINES DYNAMO SYSTÈME MARCEL DEPREZ.

Là encore, le titre de ce brevet ne semble pas exact, et c'est plutôt « perfectionnements Deprez apportés aux dynamos » qu'il faut lire, car ce qui va suivre peut être ap-



pliqué à toutes les machines, de quelque genre qu'elles soient.

C'est un pare-étincelles destiné à éviter les étincelles qui se produisent aux balais, lorsque les machines ne sont pas parfaites ou que, pour une cause ou une autre, le réglage ne peut être obtenu.

Partant de ce fait, que les étincelles ne se produisent que lorsque les spires passant aux balais sont encore soumises à l'induction, M. Deprez a songé à annuler la force électromotrice, dont ces sections sont le siége, par une force contre électromotrice égale et de sens contraire dûe à l'action d'un inducteur supplémentaire.

La figure ci-jointe montre un anneau Gramme A muni de ce dispositif. E est un petit électro très étroit, n'agissant que sur 2 ou 3 sections, et un autre E' lui est opposé diamétralement. Les deux inducteurs sont placés sur la ligne même des balais, et le sens du courant qui les traverse est réglé, ainsi que son intensité, pour annuler exactement l'induction dûe aux pôles N et S dans les sections qui passent dans la région neutre.

Lorsque les épanouissements polaires enveloppent l'anneau presque en entier, il peut arriver qu'il ne reste pas la place nécessaire aux deux inducteurs supplémentaires. Dans ce cas alors, M. Deprez monte son pare-étincelles sur un petit anneau *a* ayant le même nombre de sections que l'anneau A et servant d'intermédiaire entre celui-ci et le collecteur.

Quelle que soit d'ailleurs la disposition employée, ce perfectionnement n'a guère d'importance aujourdhui à cause de l'excellence des machines qu'on construit. L'idée elle-même, M. Deprez nous permettra de le lui faire remarquer, n'est pas absolument neuve; Mather et Hopkinson ont fait il y a deux ans, quelque chose de presque identique, comme on peut s'en assurer en relisant un article de Gustave Richard paru dans *La Lumière Électrique*, tome XIX, p. 404.

P. CLEMENCEAU

(*A suivre*)

FAITS DIVERS

Nous apprenons la mort de M. Charles Ferdinand Mildé, le père de l'électricien bien connu. Nous rappelons que M. Mildé avait été le premier constructeur d'horlogerie électrique en France; son amabilité et sa modestie lui avaient fait un grand nombre d'amis.

On vient d'expérimenter dit la « Revue scientifique » un nouveau moteur à gaz, système Sautenard, aux usines Cail. La machine est horizontale, et par suite d'une disposition spéciale elle peut à volonté fonctionner avec ou sans compression du mélange détonnant, suivant le travail à produire, et ses proportions s'éloignent peu de celles qui sont généralement adoptées pour la même puissance.

Deux particularités caractérisent en outre ce moteur : la distribution et l'échappement se font par un robinet unique alternatif et à trois voies commandé directement par une came; un piston mobile rend la compression variable sous différentes introductions du mélange, et pro-

voque l'explosion à volume constant, alors que la teneur du mélange varie dans certaines proportions.

La Société allemande Edison, de Berlin, annonce que désirant étendre ses opérations en dehors de l'Allemagne, et ayant dans ce but porté son capital social jusqu'à 15 millions de francs, elle prendra désormais le titre de « Société générale d'électricité. »

Comme par le passé, la Société s'occupera de la construction et de l'exploitation d'usines centrales de lumière électrique, ainsi que d'installations isolées d'éclairage, de fabrication de lampes à incandescence et à arc, de machines dynamos, etc.

Le Ministère de la guerre en Russie, a offert un prix de 500 roubles pour une nouvelle pile galvanique compacte, pratique et destinée à l'éclairage électrique avec des lampes à incandescence.

Le docteur Massey, de Philadelphie, vient d'imaginer une nouvelle pile galvanique, qui présente l'avantage d'être bon marché, d'être exempte de toute action locale et de sels grimpants et de pouvoir fonctionner pendant longtemps sans aucune surveillance.

La nouvelle pile se compose d'une tige en zinc, comme celle de la pile Leclanché, tenue par des bandes en caoutchouc à une tige en charbon et plongeant dans une solution de chlorure d'ammonium et de bichromate de potasse dans de l'eau ordinaire.

La tige de charbon est de celles qu'on emploie pour les lampes à arc et très bon marché ; les extrémités supérieures de ces charbons sont traités avec de la paraffine bouillante. Les éléments sont séparés par des blocs en caoutchouc de 25 m. m.

La force électromotrice est d'environ un volt par élément, dont le prix de revient ne dépasse pas 60 centimes.

M. Phelps, l'inventeur américain bien connu, a imaginé une perforatrice actionnée au moyen de l'électricité.

Le forêt est relié à l'armature d'un moteur électrique, au moyen de deux bielles, et donne, par conséquent, un coup par révolution de l'armature ; les coups sont amortis par des ressorts.

L'armature est du type Gramme et l'appareil semble donner des résultats satisfaisants.

M. le Dr Benton Massey a dernièrement présenté à la Société de médecine de Philadelphie un rhéostat de son invention, destiné à utiliser les courants des lampes à incandescence dans des opérations médicales.

Le nouvel hôpital orthopédique, à Philadelphie, ayant été pourvu d'une installation d'éclairage électrique à incandescence, l'auteur a voulu utiliser le même courant pour le traitement des malades.

La force électromotrice de ce courant n'était que de 60 volts, c'est-à-dire à peu près l'équivalent de celle d'une pile Grenet de 45 éléments.

Il n'avait donc qu'à choisir un rhéostat convenable ; mais le rhéostat en fil était trop coûteux et ne pouvait être suffisamment gradué ; le tube à eau devait être très long pour remplir le but et serait, d'ailleurs, peu commode.

Le rhéostat imaginé par l'auteur et qui n'est pas nouveau se compose seulement d'une large ligne tracée au crayon sur du verre rugueux placé autour de la plus grande partie du cercle.

Une extrémité de ce cercle rompu est reliée à l'une des bornes de la pile et le circuit est complété par un commutateur circulaire, qui établit le contact avec la ligne au crayon, au moyen d'une petite roue métallique.

Le circuit comprend ainsi une longueur plus ou moins grande de plombagine ,qui est un mauvais conducteur, et l'on obtient une grande variation de résistance. Il faut toujours se servir d'un milliampère-mètre avec ce rhéostat.

La *Sedgwick Mainspring C°* de Chicago, se sert maintenant du courant électrique d'une dynamo pour tremper les ressorts de montres.

Les conducteurs de la machine aboutissent à une cuve ordinaire remplie d'huile. Chaque conducteurs est relié à une tige extérieure. Le fil à tremper est placé entre les deux extrémités de ces tiges, et, dès que les contacts sont établis, il s'échauffe uniformément dans toute sa longueur.

On ne s'occupe pas de régler le courant, à cause de la proportion variable du carbone contenu dans l'acier. Des longueurs égales de fil bien calibré ne demandent pas des quantités égales de chaleur, pour être portées à la température voulue, et ce n'est que par la coloration du métal qu'on peut reconnaître le moment ou il est prêt à être trempé. On a alors qu'à le faire passer dans le bain d'huile.

Ce procédé possède l'avantage, paraît-il, de ne pas laisser le temps à l'acier de s'oxyder à cause de l'action rapide du courant. Des ressorts peuvent être chauffés à raison de 10 centimètres par seconde.

Edison a réussi à tremper des fils dans le vide, en y faisant passer des courants intermittents.

La nouvelle méthode de la *C° Sedgwick* semble donner de bons résultats.

Éclairage Électrique

Une lampe Edison de 32 bougies installée dans les bureaux du journal *le Globe*, à Toronto, a fourni 5 heures d'éclairage par jour, depuis le mois de novembre 1884, c'est-à-dire un total de plus de 5.400 heures d'éclairage.

Les villes de Lorca, Leon et Albacéto en Espagne, ont suivi l'exemple de Tolède en adoptant l'éclairage électrique pour les rues.

Une nouvelle Société d'éclairage électrique, qui vient de se former à Buffalo, a pris toutes les mesures pour pouvoir, dès le commencement, placer tout un réseau sous terre.

La station centrale. installée à titre d'expérience dans la ville de Reims, a rencontré le plus grand succès auprès de la population; malheureusement, il paraît qu'en raison des difficultés soulevées par la municipalité, on craint qu'elle ne puisse continuer à fonctionner.

L'éclairage électrique a fait beaucoup de progrès en Suisse, ces derniers temps, et un grand nombre d'hôtels dans les villes d'eau ont adopté la lumière électrique.

Au commencement du mois de juin, le nouvel éclairage a été installé dans les grands hôtels à Engelberg, dans différentes localités du Berner-Oberland, sur le lac de Lucerne et aux chutes du Rhin, à Schaffhouse, où la chute même est éclairée tous les soirs avec des foyers à arc. La force motrice est fournie par une turbine actionnée par le courant.

L'abondance des forces hydrauliques en Suisse a beaucoup contribué à l'extension de la lumière électrique dans ce pays.

Il résulte du rapport qui vient d'être publié sur l'exposition des Inventions de Londres, que l'éclairage électrique des bâtiments est revenu à 938.000 francs et celui des jardins à 230.000, soit un total de 1.168.000 francs.

L'exposition des Beaux-Arts, qui aura lieu à Munich l'année prochaine, sera éclairée au moyen de 60 foyers à arc et 250 lampes à incandescence.

La force motrice sera probablement fournie par une chute d'eau.

La Cie Edison, à New-York, vient de publier un rapport du travail fait et des progrès réalisés jusqu'au 1er Mai 1887.

Les installations isolées de ce système aux États-Unis sont au nombre de 891, avec un total de 230.674 lampes.

Les compagnies exploitant des stations centrales sont au nombre de 102, avec 290.300 lampes.

Le système municipal d'Edison fonctionne dans 13 villes, pour l'éclairage des rues, et comprend 6500 foyers, ce qui donne un total de 597474 lampes pour les Etats-Unis.

Les commandes non exécutées de la Cie s'élèvent à 20 ou 25 millions de francs.

Il paraît que la lumière électrique a donné lieu dans plusieurs des bâtiments publics à Washington à une augmentation énorme de toiles d'araignée.

La lumière attire les insectes et ceux-ci les araignées.

La Compagnie Thomson-Houston possède l'installation la plus grande de lampes à arc à Chicago.

Elle emploie 17 dynamos actionnées par 4 machines Westinghouse de 75 chevaux, 1 de 35 chevaux et 1 de 350 chevaux.

Il y a 350 foyers de ce système fonctionnant à Chicago.

L'installation centrale de lumière électrique à Vienne, dont nous avons donné la description, a été essayée il y a quelques semaines déjà; mais comme il a fallu modifier quelques détails, l'inauguration officielle n'a eu lieu que la semaine dernière.

A l'Opéra on a installé les lampes à incandescence sur les anciens appareils du gaz, mais les fils sont dissimulés partout. Les foyers de la rampe sont commandés par les commutateurs ordinaires avec des rhéostats, mais les bobines de ces derniers sont en platinoïde et plongent dans un bain d'huile, entouré d'un bain d'eau afin d'éviter une température trop élevée.

Télégraphie et Téléphonie

Les dépêches à destination de Barbeston, dans le Transvaal, qui jusqu'ici ont dû être expédiées par la poste de Newcastle ou de Pretoria, peuvent maintenant être échangées directement, un bureau télégraphique ayant été installé à Barbeston.

Le rapport du Consul anglais, à Nagasaki, contient quelques détails intéressants au sujet du développemen: de la télégraphie au Japon. Le nombre des dépêches pour l'intérieur du pays qui ont été transmises par le bureau de Nagasaki, s'est élevé l'année dernière à 201,979 contre 142,290 pour l'année précédente.

Les dépêches pour l'étranger étaient au nombre de 17,501 contre 15,134 en 1885. La grande augmentation du trafic international qui a eu lieu depuis 8 ans, car en 1878 le total ne dépassait pas 3,600, provient du développement du réseau télégraphique chinois, surtout dans les ports ayant un service régulier de bateaux à vapeur avec Nagasaki.

Quand la nouvelle ligne terrestre sera terminée de Socul à Fusan, le trafic augmentera certainement encore, car on pourra transmettre les dépêches par le câble Fusan-Nagasaki, sans passer par le réseau chinois. On espère que certe ligne pourra fonctionner avant la fin de l'année.

Le *Moniteur Industriel* annonce que le ministre des travaux publics de Costa-Rica vient de traiter avec M. Cuenza Cruz de Paris pour l'établissement de câbles sous-marins, partant de la côte Est de Costa-Rica et allant aux Indes Orientales, au Vénézuéla et à New-York.

L'entrepreneur aurait également, d'après notre confrère, le droit d'établir des câbles allant aux points de l'Amérique centrale et du sud, qui ne se trouvent pas encore en communication avec le Costa-Rica, sur la côte de l'Atlantique.

L'entrepreneur s'engage à relier ces câbles à la ligne des Canaries. Le gouvernement garantit une recette de 35.000 fr. par an; le premier câble doit être établi dans un délai de deux ans.

On annonce que la maison Pirelli et Cie, de Milan, a commencé les travaux pour la pose des câbles télégraphiques entre la Sicile et les îles Eolie, Vulcano, Panarea et Stromboli.

Le câble entre Chorillos et Mollendo, qui a été interrompu il y a deux semaines, est maintenant réparé et fonctionne de nouveau. Le câble de Guernesey à Alderney, interrompu depuis le mois de décembre dernier, est également réparé.

Il résulte du rapport du ministre de Belgique à Mexico, que, grâce au zèle du ministre des travaux publics mexicain, l'administration des télégraphes fédéraux, qui fonctionnait autrefois si mal, a été complètement réorganisée pendant ces deux dernières années.

Le réseau total des lignes télégraphiques comprenait à la fin de l'année 1884:

Lignes du gouvernement fédéral.....	21.000 kil
— des États.....	1.653
— des chemins de fer.....	4.430
— particulières.....	3 301
câbles sous-marins.....	703
Total.....	32.087

Depuis l'entrée en fonctions du nouveau ditecteur ces chiffres ont déjà subi certaines modifications et une amélioration notable a eu lieu dans le service du réseau fédéral.

Par suite de mesures d'économie, il a été cédé environ 5.200 kilom. de lignes avec 97 bureaux aux États; ces lignes grevaient le budjet des télégraphes, sans profit réel pour la Fédération.

Le reste du réseau, soit environ 15.205 kilom, a été divisé en 18 zones avec 209 bureaux; les vieux appareils ont été remplacés par d'autres plus en rapport avec les exigences d'un service toujours croissant: 11.000 kilom. de lignes ont été réparés et, enfin, on a complété le réseau par la construction de 1.675 kilom, de lignes nouvelles.

Le matériel télégraphique est presque entièrement de provenance américaine.

L'Administration générale des postes et télégraphes est dans l'impossibilité de fournir les installations téléphoniques au fur et à mesure qu'on les lui demande à Berlin. Il y a déjà plus de 1000 demandes auxquelles on n'a pas pû satisfaire encore, et l'Administration en reçoit à raison de 150 par mois; au commencement du mois dernier, le réseau comprenait 6,262 abonnés reliés.

Il a été observé que, pendant les derniers orages, dans les quartiers de la ville où les fils aériens étaient les plus nombreux, il n'y a pas eu de dégats occasionnés par la foudre. La raison en est qu'un très grand nombre des poteaux qui supportent les fils télégraphiques et téléphoniques ont été reliés à la terre et forment ainsi avec le réseau des fils une protection sérieuse.

Le « Journal Officiel », de Madrid, publie à la date du 25 août, un avis du Ministère de l'intérieur qui met en adjudication la fourniture de 14,000 mètres de câble téléphonique à 14 conducteurs et 30,000 mètres à 2 fils. Les soumissions seront reçues jusqu'au 19 septembre.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 17 SEPTEMBRE 1887 N° 38

SOMMAIRE. — La transformation directe de l'énergie thermique en énergie électrique et les nouvelles machines d'Edison ; E. Meylan. — La télégraphie sous-marine; E. Wunschendorff. — Sur les définitions des paramètres magnétiques ; C. Reignier. — Les condensateurs étalons; à propos des mesures de l'exposition d'Anvers ; A. Palaz. — Sur les symboles des appareils électriques dans les diagrammes ; E. Menges. — A propos du chauffage à l'aide du courant électrique ; P. - H. Ledeboer. — Revue des travaux récents en électricité : Influence de la lumière ultra violette sur les décharges électriques, par H. Hertz. — Détermination de la conductibilité électrique des métaux à l'aide de la balance de Hughes, par A. Oberbeck et J. Bergmann. — Méthode pour la mesure des courants intenses, par M. Hummel. — Quelques détails sur le réseau téléphonique de Berlin. — Le microphone universel Berliner. — Les chemins de fer électriques. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Autriche ; J. Kareis. — Bibliographie : La Galvanoplastie, par E. Bouant ; E. M. — Brevets d'invention ; P. Clemenceau. — Correspondance : Lettre de M. Rousseau. — Faits divers.

LA TRANSFORMATION DIRECTE

DE L'ÉNERGIE THERMIQUE

EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

ET

LES NOUVELLES MACHINES D'EDISON

Les meilleures de nos machines à vapeur nous rendent en travail mécanique environ un dixième de l'énergie du combustible dépensé; en retranchant encore de ces dix pour cent une certaine fraction pour le rendement de la machine dynamo, on voit que le courant électrique produit de cette manière revient cher, et si ce courant doit subir encore une transformation, pour réaliser le transport et la distribution du travail mécanique, on se trouvera, en fin de compte, avoir fait un singulier emploi du combustible, au point de vue économique.

La production de l'électricité par les piles hydro-électriques ne semble guère plus rationnelle à ce point de vue, et n'est pas plus directe, puisque, jusqu'à présent, on y détruit des métaux dont la production a elle-même exigé la dépense d'une quantité considérable de ce même combustible.

Il reste bien l'utilisation des forces naturelles, réputées *gratuites*, les forces hydrauliques, le vent, etc. ; malheureusement, les unes sont absolument en dehors des conditions requises pour une exploitation industrielle, et les autres exigent généralement pour leur utilisation des travaux qui ne laissent pas de rendre assez onéreux les services qu'elles rendent.

Sans insister, on voit qu'il y avait assez de raisons de chercher à réaliser une transformation directe de l'énergie contenue dans les combustibles naturels ou artificiels, en électricité, depuis que celle-ci est devenue un facteur important de l'activité humaine.

Le premier essai systématique à citer dans ce sens est celui de la pile thermo-électrique, et certes, entre les premiers dispositifs de Seebeck et les derniers modèles des piles de Clamond ou de Noé, il y a loin.

Mais, malgré les progrès réalisés, le résultat atteint est encore maigre, et le rendement final de l'ordre du centième. Ici, comme dans la machine à vapeur, et dans la machine à air chaud, la transformation a une limite théorique, dépendant des températures extrêmes, et on a bien vite atteint les limites de celles-ci ; on les a même dépassées, si on en juge par le peu de durée de ces appareils.

Des piles thermo-électriques, les inventeurs se sont rabattus sur la pile tout court, en essayant d'y faire intervenir directement la chaleur ; les Annales de la Science ont enregistré avec intérêt

les tentatives de Becquerel pour la combustion du charbon dans les piles, reprises ces dernières années en Allemagne par M. Langhaus ; celles de M. Case, qui a essayé d'utiliser les variations d'affinités chimiques avec la température, de M. Kendall sur l'occlusion des gaz par le platine incandescent, etc., etc.

Le magnétisme seul semblait avoir échappé jusqu'à présent, à ces essais, et cependant, la variation considérable des propriétés magnétiques du fer, du cobalt et du nickel avec la température est un fait reconnu depuis longtemps, quoique mal étudié jusqu'à présent.

Qouiqu'il en soit, Edison a repris la question à son compte, et c'est à la description de ses appareils que nous voulons consacrer ces lignes, la première description qui en a été donnée ici étant passablement obscure, au moins quant aux détails [1].

Dans un mémoire qu'il a présenté à l'*Association Américaine pour l'avancement des Sciences* (août 1887) [2], Edison a décrit un moteur et une génératrice d'électricité basés tous les deux sur la destruction et le rétablissement de l'aimantation induite par l'élévation et l'abaissement successif de la température d'une armature de fer doux.

Nous allons les décrire succinctement d'après le mémoire de l'auteur et les figures qui l'accompagnent, mais sans nous y attacher de trop près ; nous reviendrons ensuite sur les essais antérieurs à ceux d'Edison et sur le principe physique de ces machines.

Le moteur que l'inventeur appelle pyro-magnétique et qui serait peut-être mieux désigné par le nom de moteur thermo-magnétique, est représenté par les fig. 1 et 2, qui, bien que n'étant pas, croyons-nous, la reproduction des modèles exécutés mais des dessins théoriques, donnent cependant une idée nette de ce moteur.

La partie principale est l'armature mobile, formée de minces tubes de fer doux et soumise à l'influence du champ d'un puissant électro-aimant fixe.

L'action de la chaleur du foyer placé au-dessous a pour effet de produire une dissymétrie dans l'aimantatton de cette armature, les seules parties aimantées étant celles qui sont garanties contre le passage des gaz chauds par l'écran placé à la partie supérieure, et qui sont au contraire refroidies par l'appel de l'air extérieur passant par l'axe, par cet écran creux, et par les tubes placés en-dessous pour rentrer dans l'axe et de là au foyer, comme l'indique la coupe (fig. 2).

Les gaz chauds, au contraire, passent par les autres parties de l'armature.

Par suite de la disposition oblique de l'écran, le flux de force magnétique créé par l'inducteur, au lieu de passer directement dans l'armature, est dévié, prend la direction de cet écran, et la rotation de l'armature a lieu, soit que l'on considère l'attraction des pôles induits par les pôles inducteurs, soit, d'après les idées de Faraday, par la tendance des lignes de force à se raccourcir.

L'effort tangentiel d'un moteur pareil, dépend évidemment du flux total qui traverse l'armature, et de son orientation, qui est toujours en avance d'un certain angle par rapport à l'écran, puisque les changements de température ne peuvent se faire instantanément ; c'est la condition de ne pas exagérer cette avance, qui limite la vitesse et par suite le travail disponible.

Jusqu'à présent, il ne paraît pas que les résultats, au point de vue de la puissance spécifique, soient très brillants ; un premier modèle aurait donné 1,6 kgm. par seconde, et le second qui pèse 680 kilogrammes, devra donner environ 3 chevaux.

La génératrice d'Edison et le principe de son fonctionnement sont tout aussi simples; mais si elle a l'avantage d'être auto-excitatrice (à l'inverse du moteur, qui étant thermo-électromagnétique, exige une excitation séparée) elle nécessite, par contre, un petit moteur mécanique pour faire marcher son collecteur.

Edison appelle sa nouvelle génératrice la *dynamo pyro-magnétique* ; nous ne voyons pas du tout ce que vient faire ici le mot de *dynamo*, qui, étymologiquement, ne s'applique qu'aux transformateurs d'énergie mécanique en énergie électrique ou *vice versa*. Dans cette génératrice, on recueille les courants engendrés dans les différentes parties de l'*induit*, par les variations périodiques du flux *inducteur*, causées elles-mêmes par les changements corrélatifs de la température et de la *perméabilité* d'une partie du circuit magnétique.

Les inducteurs (fig. 3 et 4) sont formés par une couronne de 8 électros en fer à cheval, qu'on

(1) *La Lumière Électrique* du 3 Septembre 1887.

(2) Voir pour le mémoire original l'*Electrical World*, 27 août 1887.

peut supposer être excités par un même courant emprunté à la machine elle-même. A chaque électro correspond une armature d'induit, formée d'une feuille de tôle de fer doux très mince (0,1 à 0,2 m.m.) repliée sur elle-même un grand nombre de fois, de manière à laisser passer les courants de gaz chauds ou d'air froid (*interstitial armature*).

Ces rouleaux, qui sont fixés dans deux disques de fer, d'où rayonnent les noyaux des électros sont isolés à l'asbeste et entourés par les spires induites, reliées en série, et qui forment un seul circuit, comme dans un anneau Gramme.

Les différentes sections sont également réunies à un nombre égal de balais, qui jouent ici absolument le même rôle que les barres du commutateur d'une dynamo. Si d'un côté de cet induit, soit dans quatre armatures, on supprime le flux inducteur, tandis qu'on le rétablit dans les quatre autres au moyen d'un écran semi-circulaire, qui intercepte le passage aux gaz chauds et sert, au contraire. de conduit à l'air froid, on aura ainsi 8 forces électromotrices élémentaires induites.

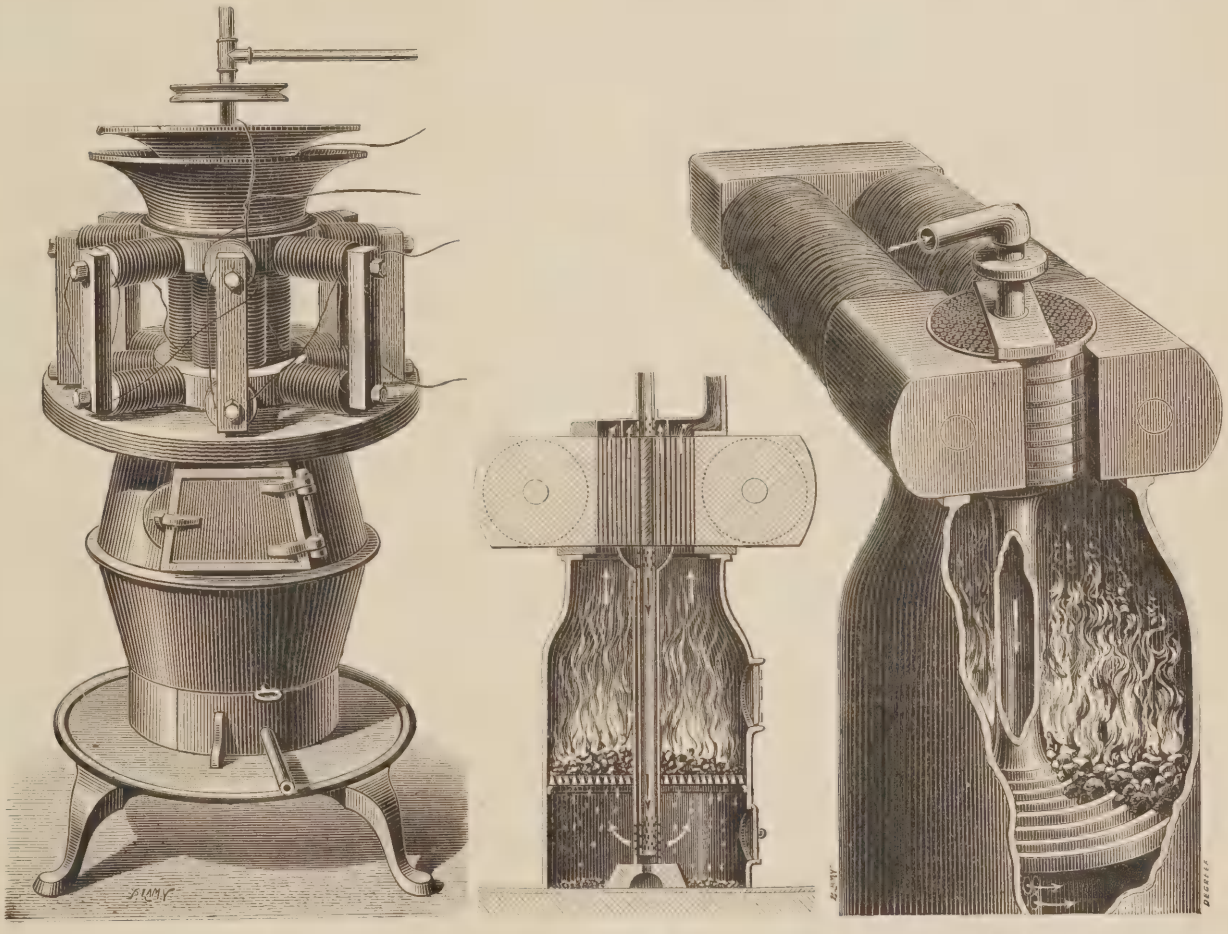


Fig. 3 Fig. 2 Fig. 1

Ces forces électromotrices sont naturellement de sens opposé dans les deux moitiés de l'induit, qui sont reliées en quantité; le diamètre de commutation est déterminé par le bord de l'écran semi-circulaire.

Il suffira, pour réaliser ce groupement, de disposer, sur l'axe mobile, un disque isolé muni de deux contacts métalliques, tels qu'un balai vienne en contact lorsque le précédent le quitte, et que chacun d'eux vienne en contact précisément au moment où l'armature de la première bobine à laquelle il est relié est découverte par l'écran. (Sur la figure les contacts métalliques ne sont pas placés d'une manière correcte.)

Les contacts sont alors reliés d'une manière permanente à deux anneaux isolés sur lesquels frottent les balais proprement dits.

La plaque de garde ou l'écran est en argile réfractaire ; il est appliqué immédiatement au-dessous du disque inférieur et il est séparé du fourneau par un siège circulaire dans lequel il s'emboîte.

Le fonctionnement de cette machine présente de grandes analogies avec celui d'une dynamo, et on peut se rendre compte des facteurs qui influent sur sa puissance ; celle-ci ne dépend que du flux total d'induction que l'on supprime par l'échauffement, ou mieux de sa variation et de la vitesse avec laquelle les périodes d'aimantation et de désaimantation peuvent se succéder. Le premier facteur peut être de l'ordre du flux magnétique d'une

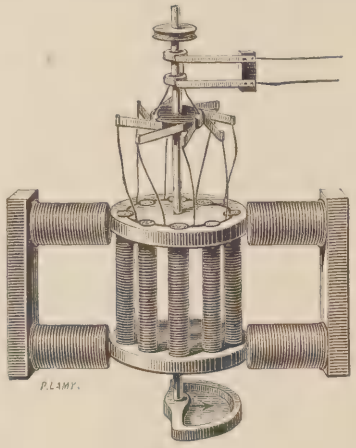


Fig. 4

dynamo; malheureusement il n'en est pas de même de la vitesse, et si dans cette dernière on peut inverser un millier de fois par minute le sens du flux dans une bobine, Edison ne pense pas pouvoir faire tourner son disque à plus de 120 tours par minute ; il semble donc qu'on sera conduit dans ces machines à des dimensions énormes. Quand au coefficient de transformation, il dépend naturellement du cycle d'aimantation, sur lequel les données manquent à peu près complètement.

Les travaux sur les variations de la perméabilité, ou ce qui revient au même, de l'aimantation induite avec la température sont peu nombreux [1], et aucun ne nous renseigne sur le point le plus important, à savoir cette relation pour le fer doux, au point ou les propriétés magnétiques cessent brusquement (rouge cerise).

A ce point de vue, il y aurait intérêt à employer le nickel, le seul corps pour lequel on ait, au moins approximativement, une courbe de désaimantation (Rowland, Berson), car sa perméabilité subit une variation brusque de son maximum à 1, entre 250 et 300°. Sur le fer, la seule remarque importante est celle faite par Stefan [1] et c'est lui qui, en 1871, a indiqué, pour la première fois, à notre connaissance, la possibilité de réaliser un moteur thermo-magnétique.

Stefan a trouvé pour le fer aimanté une chaleur spécifique plus grande ; c'est la quantité de chaleur qui correspond à cette différence des chaleurs spécifiques qui est transformée, et on pourra partir de là pour calculer le cycle thermo-magnétique; seulement Stefan, admet que cette chaleur spécifique est constante (en partant de là, il trouve que c'est entre 1,300 et 1,400° que le fer n'est plus magnétique) ; il nous semble qu'elle doit croître avec la valeur absolue de l'induction.

Quoiqu'il en soit, il y a là un beau champ d'étude pour les théoriciens et les expérimentateurs.

Mais Stefan n'est pas le seul qui ait indiqué le principe du nouveau moteur ; on a été plus loin: ainsi, MM. E. J. Houston et Elihu-Thomson ont construit et décrit un petit moteur absolument semblable comme principe, consistant en un disque de fer placé entre les pôles d'un aimant, et chauffé en un point hors de la ligne des pôles [2].

Enfin, comme nous l'avons déjà dit ailleurs, M. Schwedof a clairement indiqué le même moteur en 1886 [3].

Hâtons-nous de dire que ces antériorités ne diminuent en rien le mérite d'Edison ; si l'honneur de la découverte du moteur thermo-magnétique peut lui être contesté, l'invention de sa génératrice, par contre, autrement importante, lui reste entièrement, à notre connaissance du moins.

Et puis, si aujourd'hui il est difficile de faire quelque chose d'entièrement nouveau, on doit distinguer d'autant plus entre les simples idées théoriques ou les premiers tâtonnements, et la réalisation pratique de celles-ci.

Si les machines thermo-magnétiques entrent jamais dans le domaine de l'industrie, c'est à celles

(1) On pourra cependant consulter avec intérêt les recherches de Kuppfer (1825), Dufour, Wiedeman Rowland, Gaugain, Polini, Trowbridge, Mac Rae et Berson.

(1) *Wiedemann, die Lehre*, etc., vol. III, p. 782.

(2) Voir le *Journal of the Franklin Institut*, 1879, p. 39.

(3) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXI, p. 406.

que nous venons de décrire qu'il faudra les faire remonter.

On a fait des lampes à incandescence avant Edison, il n'en restera pas moins l'inventeur de *la lampe à incandescence.* E. MEYLAN

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE (1)

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION

DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

Essais de la résistance des câbles à la traction

Lorsqu'un câble sous-marin est fabriqué, on mesure à la fois sa résistance à la rupture, la valeur de cette résistance pouvant seule déterminer les profondeurs auxquelles on pourra prudemment immerger le câble, et l'allongement qu'il subit avant de se rompre.

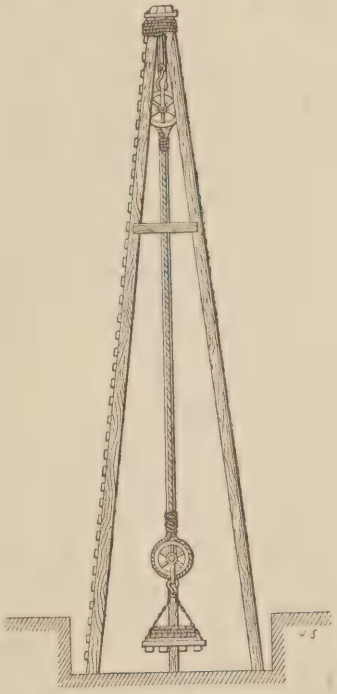


Fig. 129

Divers appareils ont été imaginés à cet effet : le plus simple (fig. 129) consiste en un trépied d'environ 10 m. de hauteur, à la partie supérieure duquel on peut attacher une poulie sur laquelle s'enroule l'une des extrémités du morceau de câble à essayer. Son autre extrémité passe sur une poulie semblable à l'axe de laquelle on suspend un plateau ; on augmente successivement les poids

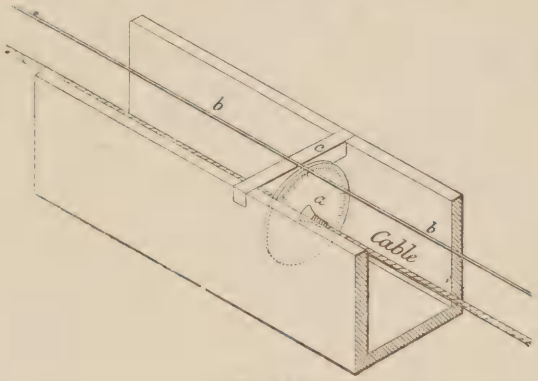


Fig. 131

que l'on place sur ce plateau jusqu'à ce que la rupture se produise.

Cet appareil a été disposé aussi horizontalement, ainsi que l'indique la figure 130. L'allongement s'obtient en mesurant la distance qui sépare avant la rupture, deux petits disques *a* (fig. 131), placés sur le câble, à 3 mètres d'intervalle, en face de deux traverses *c*. Ces disques portent une graduation, de telle sorte que, si l'on a eu soin de faire coïncider leurs zéros avec un fil *b*, avant l'application de la tension du câble, on mesure facilement ensuite l'angle dont le câble a tourné.

Un autre appareil construit par MM. Gisborne, Forde et C. W. Siemens, se compose (fig. 132) d'une forte poutre A reposant sur des supports solidement fixés au sol. A l'une de ses extrémités est boulonnée une pièce de fer recourbée *a*, terminée par un crochet auquel on attache le câble à essayer ; à son autre extrémité se trouve un axe en fer *b* qui sert de point d'appui au levier coudé B. L'une des branches B de ce levier soutient un plateau chargé de poids, l'autre porte un crochet destiné à recevoir le second bout du câble. Les longueurs des deux bras du levier B sont dans le rapport de 1 à 10 : le contre-poids C fait équilibre au levier et au plateau.

Le câble traverse une gouttière D remplie d'eau afin que l'on puisse observer les effets particuliers dus à l'eau, tels que le retrait, quand l'armature comprend des cordes de chanvre ; les deux ouvertures par lesquelles passe le câble sont bouchées

avec de l'étoupe, de manière à rendre la gouttière bien étanche.

L'allonge ment se mesure au moyen d'une échelle *c* parallèle au câble, et qui traverse la gouttière enfermée dans un tuyau. Pour que la torsion du câble ou l'allongement des chaînes et

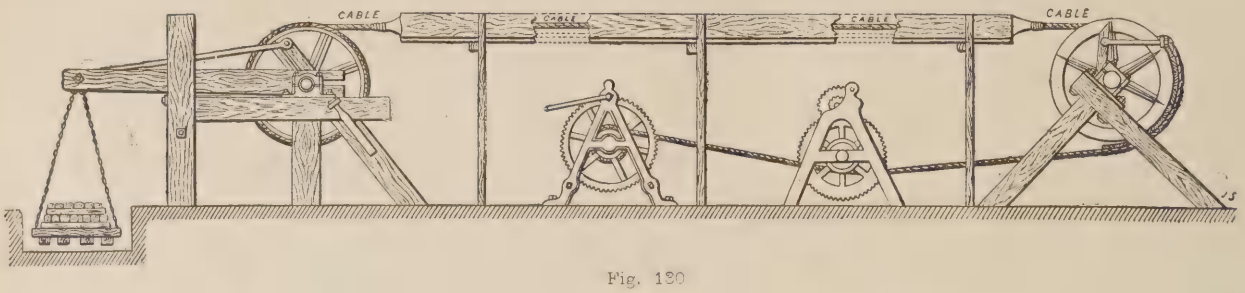


Fig. 120

autres parties de la machine ne puissent influer sur les positions relatives de l'échelle, la pièce *d* qui maintient le câble est munie d'une petite rondelle circulaire qui pénètre dans une entaille faite à l'échelle, de façon à la faire glisser horizontalement. A l'autre extrémité du câble est fixé un cy-

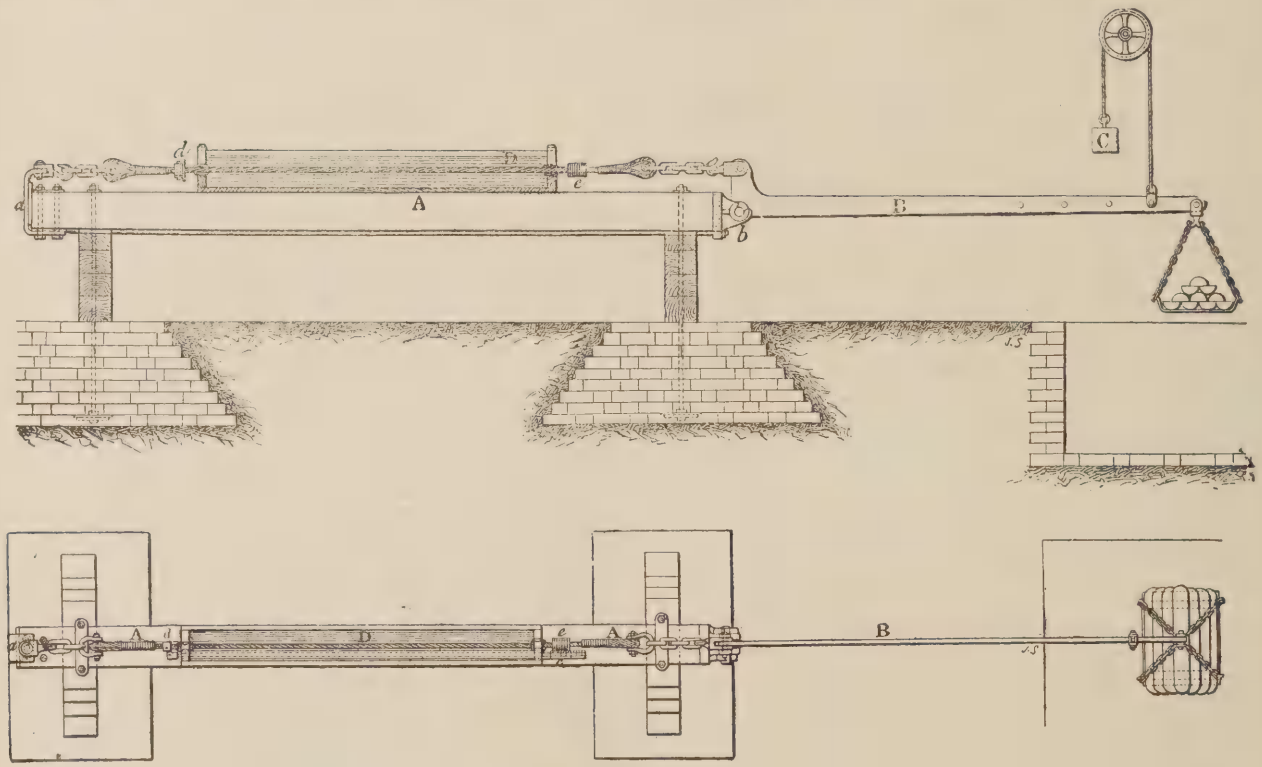


Fig. 122

lindre *e* qui se meut en tournant, quand le câble se tord ou se détord, devant la partie de l'échelle qui porte les divisions : le cylindre est lui-même divisé comme un vernier, de manière à donner une plus grande précision aux mesures.

Pour faire un essai, on place d'abord sur le plateau un poids suffisant pour tendre convenablement le câble ; on ajuste le vernier et on ajoute de nouveaux poids, à des intervalles réguliers, jusqu'à ce que le câble se rompe. Un simple coup d'œil jeté sur la figure montre que le rapport des tensions supportées par les deux bras du levier reste constant et égal à un dixième, quelle que soit la position du levier : le poids placé sur le

plateau et qui détermine la rupture représente donc le dixième de la charge supportée par le câble.

L'allongement se déduit de la différence des positions occupées par le cylindre *e* sur l'échelle, avant et après l'expérience.

Cables légers

De nombreux modèles de câbles ont été proposés, à toutes les époques, après l'immersion en 1851, du câble de Douvres, pour remplacer le type créé à cette date par M. Crampton. Tous

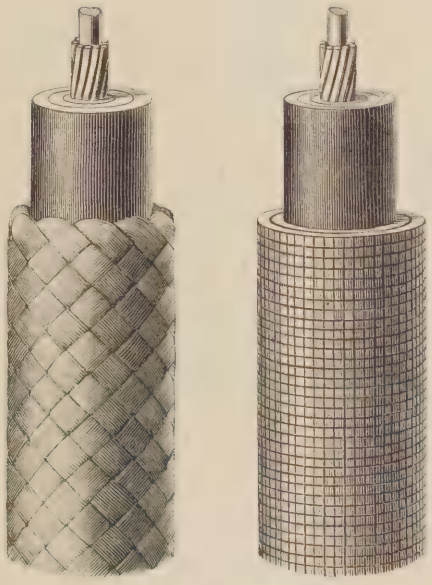


Fig. 132

ces câbles sont caractérisés par la suppression de l'armature extérieure en fer et, pour ce motif, reçoivent la dénomination générique de *câbles légers*, par opposition aux câbles ordinaires dont le poids, par suite de la présence de cette armature en fer, est toujours beaucoup plus considérable.

L'un des modèles de câbles légers les plus connus est celui imaginé à peu près simultanément par M. Baudoin, en France, et par M. J. Allan, en Angleterre, dans lequel toute la force mécanique de résistance était transportée dans l'axe même du câble; on espérait avoir combiné ainsi le maximum de conductibilité électrique et de résistance mécanique avec le minimum de poids, de volume et de densité. M. Baudoin formait l'âme de son câble d'un conducteur de six fils de fer de 2 millimètres de diamètre enroulés autour d'un noyau en chanvre bitumé. Dans le câble de M. Allan (fig. 133), le conducteur se composait d'un fil de cuivre plein, entouré de fils d'acier jointifs disposés en hélice; sur cette cordelette, on appliquait la gutta-percha, comme à l'ordinaire ; celle-ci restait à découvert ou était enveloppée, suivant les cas, soit de caoutchouc, soit de toile saturée de glu marine et d'asphalte. On devait obtenir ainsi un câble ne pesant dans l'air, par mille marin, que 450 kilogrammes et 160 kilogrammes environ dans l'eau de mer, en résistant à une traction de 2 tonnes.

Il devait par suite supporter dans la mer le poids de plus de 12 milles de sa propre longueur. N'étant pas volumineux, un navire de dimensions moyennes eût pu en embarquer facilement 3000 milles, c'est-à-dire la longueur nécessaire pour constituer une communication entre l'Europe et l'Amérique. L'immersion en eût été faite sans machinerie spéciale et sans dangers. La vitesse de transmission des signaux enfin, comparée à celle que l'on obtient sur un câble ordinaire de même longueur, eût, d'après l'inventeur, été supérieure à celle-ci d'au moins 50 pour cent, tandis que les dépenses de fabrication et d'immersion eûssent été inférieures de 20 pour cent à celles d'un câble ordinaire. Outre les objections auxquelles donnent lieu tous les câbles légers en général, on a fait remarquer que dans le câble de M. Allan, le contact des deux métaux différents qui composent le conducteur, pouvait être susceptible de déterminer quelque action chimique fâcheuse. L'expérience seule eût pu fournir des renseignements certains à cet égard et on ne peut que regretter que ce câble, qui est ingénieusement conçu, n'ait jamais été essayé en pratique.

Le câble que MM. Siemens frères tentèrent, sans succès, d'immerger, en 1864, entre Oran et Carthagène, et dont nous avons donné la spécification plus haut, appartient à la catégorie des câbles légers. Toute la force mécanique de résistance du câble résidait dans les deux couches de chanvre blanc qui enveloppaient l'âme, la carapace de cuivre phosphoreux n'ayant eu pour but que de maintenir le chanvre en place et de le garantir contre les attaques des animaux sous-marins. Bien qu'après plusieurs échecs successifs, ce câble aît pu être immergé dans les fonds de

1300 à 1400 brasses que l'on rencontre entre Oran et Carthagène, une nouvelle rupture se produisit en vue des côtes d'Espagne et les constructeurs renoncèrent à leur entreprise. Ce dernier accident a été attribué à l'insuffisance du mou avec lequel on laissa filer le câble à la sortie des grands fonds : le câble dut rester suspendu sur une très grande longueur et n'ayant pu supporter la traction que le poids de cette section exerçait aux points de suspension, se rompit avant même que le navire fût arrivé à Carthagène. On en doit conclure que les câbles légers, en raison de leur faible résistance à la rupture, doivent être immergés avec un mou notablement supérieur à celui des câbles ordinaires, de manière à ne se trouver soumis que le moins possible à une tension quelconque, soit en cours de pose, soit après leur immersion. L'économie que l'on compte réaliser sur les frais de fabrication disparait ainsi déjà, au moins en partie. La vitesse de transmission des signaux diminuant d'un autre côté, à mesure que la longueur du câble augmente, le rendement commercial des câbles légers est plus faible que celui des câbles ordinaires, toutes autres choses égales d'ailleurs.

Nous ne rappellerons que pour mémoire, le câble de M. Duncan, dans lequel l'armature en fer devait être remplacée par une enveloppe de rotin, substance fibreuse provenant d'une espèce de bambou et dont les Chinois se servent pour fabriquer des cordages destinés à retenir les jonques ou à forer des puits artésiens de plus de 1000 mètres de profondeur. Un câble recouvert seulement de rotin, dont la densité est de 1,059, pèserait 750 kilogrammes environ par mille et ne se romprait que sous une charge de 2500 à 2800 kilogrammes.

Le capitaine Rowett avait proposé de recouvrir l'âme de cordelettes de chanvre de Manille et de Russie, enroulées en hélice et imprégnées d'une solution préservatrice spéciale. Partant de l'hypothèse que l'agitation de la mer, due à la marée et aux vents ne s'étend pas au delà de 8 à 10 mètres de profondeur, cet officier comptait faire enfouir son câble dans une tranchée qui aurait été creusée par des scaphandriers, jusqu'aux fonds de 10 à 12 mètres. Sans nous arrêter aux difficultés et aux dépenses qu'entraîneraient de semblables travaux, nous nous bornerons à faire remarquer que l'agitation de la mer, due aux causes que nous venons d'indiquer, et abstraction faite des courants sous-marins qui paraissent exister à toutes profondeurs, est beaucoup plus considérable que ne le supposait le capitaine Rowett : d'après notre propre expérience, elle se ferait sentir, dans le bassin occidental de la Méditerranée au moins, jusqu'à 300 mètres de profondeur.

D'autres inventeurs ont proposé à diverses reprises de laisser flotter entre deux eaux, les câbles, suspendus de distance en distance à des bouées ; ces bouées, complètement immergées, seraient amarrées au fond de la mer, et leurs positions rendues apparentes à la surface à l'aide de petites bouées-témoins (fig. 134). Les derniers promoteurs de ce genre d'entreprises proposaient même de profiter de ces bouées-témoins pour y installer des feux et des postes télégraphiques qui, à l'aide de dérivations prises sur le câble, permettraient aux navires de correspondre, durant leur voyage, avec leurs ports d'attache et avec d'autres navires même, en route comme eux.

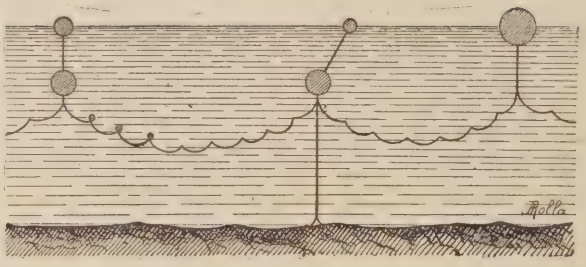
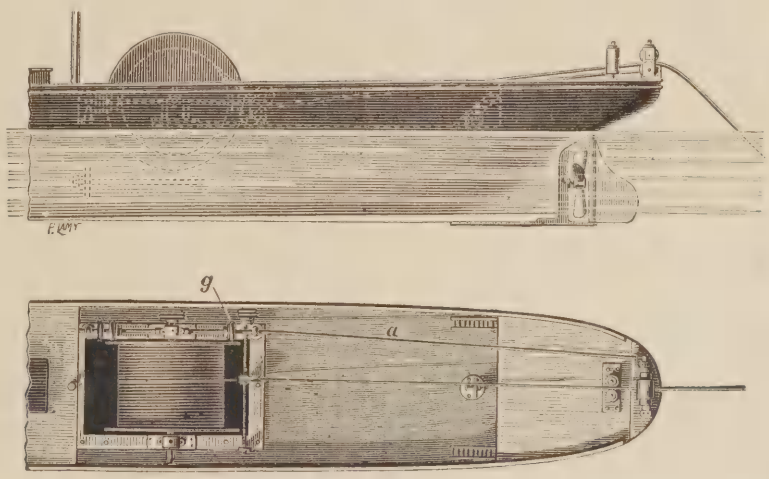


Fig 134

L'idée, bien que très séduisante, est malheusement chimérique. Sans compter les difficultés considérables d'immersion et d'exploitation d'un câble semblable, les bouées, ainsi que le prouvent des expériences trop multipliées, seraient emportées par la tempête en fort peu de temps ; si elles résistaient, le câble, usé à ses points de suspension ne tarderait pas à s'y briser, en supposant d'ailleurs qu'il ne fût pas rompu préalablement par quelque grand cétacé.

MM. Blondot et Bourdin ont présenté à l'Exposition d'Electricité, à Paris, en 1881, un modèle de câble léger formé d'un conducteur plein en cuivre, de 3 millimètres de diamètre, recouvert de trois couches de gutta-percha alternant avec deux couches de caoutchouc de Para : entre la première couche de gutta et le conducteur central était interposée de la composition Chatterton

pour assurer l'adhérence parfaite du cuivre au diélectrique. La gutta servant à la fabrication de la couche la plus extérieure, était mélangée à chaud avec du bichlorure de mercure, en vue de détruire les animaux sous-marins qui attaqueraient la matière isolante. Le tout était recouvert d'un ruban de coton imperméabilisé très résistant. Les soudures du conducteur en cuivre étaient faites à l'argent et enfermées dans un manchon en cuivre demi-rouge : les essais avaient montré qu'elles étaient très résistantes et suffisamment flexibles pour que le fil pût être enroulé sur un cylindre à petit rayon. Tout le conducteur en cuivre nécessaire à la construction d'un câble atlantique, devait être préparé ainsi, à l'avance, en une seule pièce, de manière à permettre l'emploi sans arrêt de la presse à gutta, et conséquemment l'application, sans soudure, des diverses couches de matière isolante. Les parties de câble destinées à être immergées aux atterrissements devaient être armées en fer, à la manière ordinaire.



Fi 135

Un modèle réduit de la machine de pose du câble de grands fonds avait été, en outre, exposé par les inventeurs. Tout le câble devait être enroulé sur une grande bobine à axe horizontal que faisait tourner (fig. 135) une petite machine indépendante de la machine motrice du navire, mais dont la marche se réglait sur celle de cette dernière ; la vitesse de déroulement du câble suivait ainsi toutes les variations de celle de la marche du navire, et n'en différait que par une quantité proportionnelle, fixée à l'avance et représentant le *mou* ou perte pour cent en sus du chemin parcouru.

Un appareil à deux aiguilles concentriques, très ingénieusement combiné, indiquait, en permanence, par le déplacement relatif des deux aiguilles, celle des deux vitesses qui était en excès sur l'autre : en agissant sur la petite machine de pont, on pouvait leur rendre promptement leur valeur relative antérieure ; les deux aiguilles se recouvraient alors l'une l'autre. Le câble guidé entre deux rouleaux verticaux, passait dans un laminoir recouvert de feuilles de caoutchouc et placé à l'extrémité arrière du navire. Ce laminoir recevait le mouvement d'un arbre *a* qui lui-même était commandé par un galet de friction *g*, maintenu constamment à la hauteur de la couche de câble en déroulement ; la vitesse tangentielle à la surface du laminoir était ainsi toujours égale à celle du câble sur la bobine. On rattrapait les différences inévitables à l'aide d'un ressort placé sur la tête de l'un des cylindres et servant d' intermédiaire entre l'axe et le cylindre lui-même : celui-ci pouvait ainsi, en cas de besoin, glisser légèrement sur son axe d'entraînement, d'où résultait pour le câble une tension constante, entre la bobine et le laminoir. La vitesse de déroulement du câble étant d'ailleurs supérieure à celle de la marche du navire, le câble devait non-seulement quitter le bâtiment sans tension, mais être pour ainsi dire projeté dans la mer.

Des circonstances indépendantes de leur volonté ont empêché les auteurs de ce projet de réaliser leurs conceptions ; l'expérience eût assurément été intéressante à plus d'un titre.

En 1884, MM. Trott et Hamilton ont critiqué l'emploi des câbles armés de fer, en se basant surtout sur l'attaque de ce métal par l'acide carbonique dissous dans l'eau de mer, et sur le mouvement de détorsion que la forme héliçoïdale des fils de fer tend à donner aux câbles, lorsqu'ils reposent sur le fond de la mer sans aucune tension : cette détorsion qui, suivant eux, serait d'au moins 100 tours par mille marin, déterminerait la rup-

ture du câble aux points où, par suite d'une corrosion accidentelle, l'armature en fer se trouverait déjà partiellement détruite. Ils ont proposé de leur substituer un modèle de câble léger construit de la manière suivante: l'âme formée comme à l'ordinaire d'une cordelette de fils de cuivre et de plusieurs couches de gutta-percha, serait

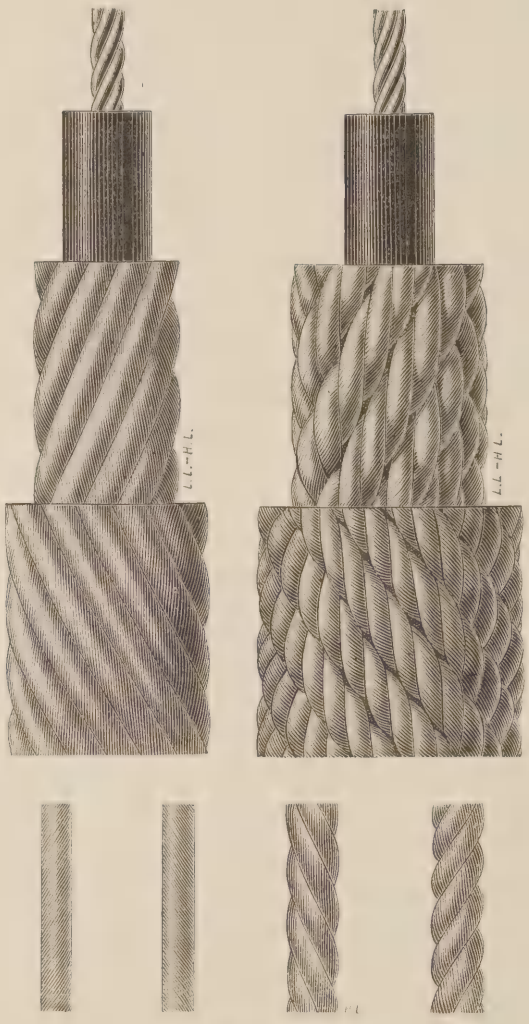


Fig. 136

recouverte d'une double enveloppe de chanvre. La première de ces enveloppes (fig. 136) enroulée sur le câble de droite à gauche, par exemple, serait composée de torons cordés de gauche à droite ; la seconde enveloppe enroulée sur le câble de gauche à droite, serait composée de torons cordés de droite à gauche. Par suite de cette disposition, le retrait du chanvre de chaque couche dans l'eau, aurait pour effet, suivant les inventeurs, non-seulement de s'opposer à un mouvement de détorsion de l'autre couche, mais de resserrer ses propres spires et de consolider ainsi le câble entier. Les cordages en chanvre ne se détériorant pas sensiblement sous l'eau, MM. Trott et Hamilton estiment que la durée des câbles de ce modèle serait, sinon pratiquement indéfinie, du moins très supérieure à celle des câbles armés en fer.

Bien que cette détorsion ait été mise en doute et s'explique assez difficilement, les bobines de fils de fer tournant parallèlement à elles-mêmes pendant l'enroulement en hélice de ces fils sur l'âme, nous devons reconnaître que nous en avons observé maintes fois les effets.

La rotation sur lui-même d'un câble en relevage, dès qu'elle commence à se produire, indique même avec certitude que le bout en est soulevé au-dessus du fond et flotte librement dans la mer: or, ce mouvement, dans un câble relevé verticalement, ne paraît pouvoir être attribué qu'à une force de détorsion qui réside dans son armature et qui, dès lors, y existait antérieurement à son relevage.

La substitution des câbles légers aux câbles armés, bien que défendue avec talent depuis l'origine même de la télégraphie sous-marine, n'a cependant jamais été admise par les grandes compagnies et est combattue encore aujourd'hui par les ingénieurs les plus expérimentés. M. Willoughby Smith avait aussi proposé à l'ancienne Compagnie Atlantique un modèle de câble léger dont l'âme, composée de cuivre et de gutta-percha devait être recouverte de deux couches de chanvre enroulées en sens inverse l'une de l'autre et comprenant, la première huit torons, la seconde dix-sept. Ce câble devait peser 608 kilogrammes dans l'air et supporter une traction de 4 tonnes avant de se rompre, soit 5,3/4 milles de sa propre longueur dans l'air et 29 milles dans l'eau [1]. Mais, après six mois d'immersion dans l'eau d'un échantillon de ce câble, M. W. Smith reconnut que, par suite du retrait du chanvre, l'âme avait, en divers points, fait saillie en dehors de son enveloppe.

En outre des chances d'avarie si bien mises en évidence par l'expérience de M. Smith, le chan-

[1] On donne quelquefois le nom de *module de rupture* à la longueur de câble, suspendue verticalement dans l'eau, dont le poids détermine la rupture du câble au point de suspension.

vre serait exposé, en bien des parages, aux attaques d'animaux qui le rongeraient avec une très grande rapidité ; en ces points au moins, malgré l'inaltérabilité du chanvre dans l'eau de mer, l'âme se trouverait mise à nu en très peu de temps. Les teredos étant rares dans les grandes profondeurs, la gutta pourrait s'y conserver intacte néanmoins ; mais alors il semblerait rationnel de supprimer l'enveloppe de chanvre partout et de réduire les câbles à leur âme, en revenant ainsi au type du câble d'expériences de Douvres à Calais.

Or on a vu qu'il avait fallu attacher des poids, de distance en distance, à ce câble, pour le forcer à descendre au fond de la mer : un câble d'un poids spécifique aussi faible mettrait assurément des jours à atteindre les fonds de 2000 à 2500 brasses, et on ne peut que soupçonner les dangers auxquels il serait exposé pendant ce temps; mais l'exemple des premiers câbles de Donaghadee à Portpatrick, qui cependant étaient recouverts de chanvre, en témoignant de la puissance de certains courants sous-marins, permet de penser que l'immersion des câbles légers pourrait n'être pas toujours aussi facile que le supposent leurs défenseurs.

Il est avéré, d'un autre côté, que même dans les grandes profondeurs, soit de l'Océan Atlantique, soit des autres mers, il existe, au moins par places, des inégalités brusques de terrain. L'angle d'immersion des câbles ne dépassant pas généralement 10 ou 11°, près de 30 milles de câbles doivent, sur les fonds de 2000 brasses, se trouver suspendus dans l'eau, entre le navire et le point où le câble immergé précédemment commence à toucher le sol. Si donc le navire passe accidentellement sur un de ces hauts fonds, le câble y reposera très rapidement ; et comme le mou est en moyenne de 10 à 12 o/o, la partie encore suspendue se trouvera trop courte pour pouvoir épouser toutes les sinuosités du terrain, en arrière du haut fond ; elle restera donc définitivement en suspension dans la mer. On a constaté que, dans certains parages, les câbles atlantiques de 1865 et 1866 se sont trouvés effectivement dans ce cas et ces exemples ne sont pas uniques. M. A. Jamieson notamment a eu, en 1881, l'occasion de réparer, dans les mers du Levant, un câble qui avait été tendu au-dessus d'une véritable vallée sous-marine de 3 à 4 milles de longueur et dont l'existence n'avait pas été soupçonnée lors de la pose. Les cartes marines n'indiquaient aux environs de la rupture, qu'un seul sondage, fait avec une ligne de 200 brasses qui n'avait pas touché le fond. M. Jamieson y trouva 880 brasses de profondeur et quelques milles plus loin, sur le tracé du câble, 1300 brasses. On peut se figurer quelle eût été dans ces conditions, la durée d'un câble léger, et on ne peut, d'un autre côté, affirmer avec certitude que les sondages, si multipliés qu'ils soient, feront reconnaître toujours tous les hauts fonds et toutes les vallées.

La réparation des câbles légers, sans pouvoir être déclarée absolument impossible, serait, sans aucun doute, notablement plus difficile que celle des câbles ordinaires. On ne peut éviter, en effet, en draguant un câble, de le traîner sur le fond jusqu'à ce que sa présence soit devenue manifeste par la tension marquée au dynamomètre. La traction que supporte le câble à ce moment doit nécessairement encore augmenter, un navire dont l'allure est même très modérée, ne pouvant être arrêté instantanément et si, pour soulager le câble, on dévire la drague trop brusquement, on risque de le faire échapper au grappin. Or, sans compter les chances d'accidents que comporte la pose d'un câble, lorsque l'opération se poursuit pendant huit ou dix jours, certains défauts de fabrication, malgré tout le soin qu'on y apporte, ne deviennent apparents qu'au bout d'un temps plus ou moins long, après l'immersion ; d'autres avaries dues à la foudre, aux icebergs, aux animaux, à des mouvements de terrain, à des boucles qui se serrent peu à peu et finissent par former des coques (genre d'accidents d'autant plus à redouter que les câbles légers seraient posés avec plus de mou) se déclarent inopinément, à un instant quelconque, et suivant la gravité du défaut exigent une réparation immédiate ou plus ou moins prochaine.

On conçoit donc le peu de faveur que les câbles légers ont rencontré jusqu'à présent, auprès des capitalistes, malgré leurs promesses séduisantes et il en sera probablement ainsi jusqu'à ce que l'on puisse compter avec quelque certitude sur la possibilité de les réparer. Des progrès dans la fabrication permettant d'éliminer complètement les défauts qui ne deviennent apparents dans la gaîne de gutta-percha qu'avec le temps, et la découverte d'une matière pouvant servir d'enveloppe protectrice à l'âme et n'ayant les inconvénients ni du fer ni du chanvre, nous rapprocheraient du jour où un essai d'immersion de câbles légers pourra être sérieusement tenté. Jusque-là, il sera

toujours plus prudent de construire des câbles dont le prix de revient est, il est vrai, un peu plus élevé, mais dont l'immersion présente plus de sécurité et dont la réparation, en cas d'avarie, peut être considérée aujourd'hui presque comme certaine, au moins dans la majeure partie des cas.

Épissures

On donne le nom d'*épissure* à l'ensemble des opérations nécessaires pour rétablir la continuité aussi parfaite que possible, des conducteurs en cuivre de deux câbles généralement semblables, de leurs enveloppes isolantes et de leurs couvertures extérieures, chanvre, fer, etc. Ces opérations ont une importance capitale dans la télégraphie sous-marine, un seul joint mal fait pouvant nécessiter des réparations extrêmement coûteuses et diminuer ainsi dans une large proportion la valeur commerciale du câble.

A la mer, le contrôle de ce genre de travaux est toujours plus sommaire qu'à terre, par suite de nécessités du service ou d'installations moins complètes; dans certains cas, il devient même tout à fait illusoire. Lorsque l'on réunit en effet les bouts de deux sections de câbles immergées déjà toutes les deux, et que l'épissure, une fois faite, doit être simplement jetée à la mer par-dessus bord, il devient à peu près impossible de faire un essai, même rudimentaire, de la valeur de la soudure; le travail est donc exécuté par le soudeur pour ainsi dire sans aucune vérification possible. On ne doit en conséquence employer comme soudeur, surtout à la mer, que des hommes non-seulement parfaitement exercés, mais présentant toutes les garanties morales nécessaires.

1° — *Soudure des âmes*

Une des conditions essentielles pour la bonne confection de la soudure d'une âme est une extrême propreté. Chacun n'est pas apte à devenir un bon soudeur, quelque habile même que l'on puisse être d'ailleurs de ses doigts. Certaines personnes transsudent, en effet, d'une manière permanente par les pores de leur peau, une matière graisseuse : le soudeur ne pouvant se dispenser de toucher fréquemment les parties de l'âme dont il effectue la jonction, déposerait inévitablement, s'il se trouvait dans ces conditions et malgré tous les soins de propreté qu'il pourrait prendre, sur le conducteur en cuivre et sur les couches de gutta-percha, une matière qui empêcherait un contact intime entre ces diverses parties.

Un soudeur doit toujours être accompagné d'un aide pour que, aussitôt la soudure commencée, il n'ait plus à toucher aucun objet étranger à son travail proprement dit.

L'outillage nécessaire à la confection de la soudure des âmes comprend :

Un double chevalet,
Un fourneau de plombier,
Une grosse poche ou cuiller en fonte ou en fer,
Une petite cuiller en fer,
Une lampe à alcool,
Des fers à polir la gutta-percha,
Des pinces plates de diverses dimensions,
Couteaux, chiffons, résine ou stéarine, etc.

Le chevalet (fig. 137) se compose de deux petits

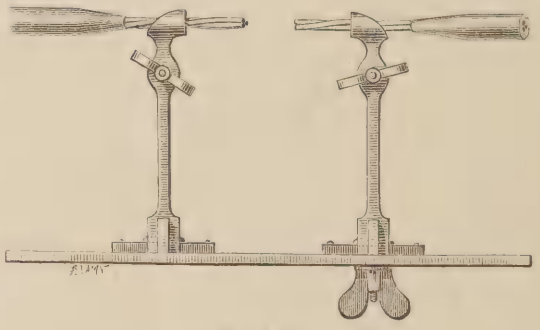


Fig. 137

étaux, montés sur une planchette en bois, en regard l'un de l'autre. On peut faire glisser ces étaux dans deux rainures longitudinales situées dans le prolongement l'une de l'autre et les fixer en un point quelconque de leur course à l'aide d'un écrou placé sous la planchette.

L'alliage, composé de 2/3 d'étain et de 1/3 de plomb, dont on se sert pour la jonction des conducteurs en cuivre, est fondu dans une grosse poche en fonte ou en fer que l'on chauffe sur un fourneau de plombier. C'est dans cette masse de métal fondu qu'on prélève, à l'aide d'une petite cuiller en fer, la quantité que l'on verse ensuite sur les parties du cuivre que l'on veut souder ensemble et que l'on a préparées ainsi qu'il sera expliqué plus bas.

La lampe à alcool sert à chauffer les fers à l'aide desquels on polit la gutta-percha et à ramollir cette matière. On peut faire usage d'une lampe à alcool quelconque, pourvu qu'elle donne une flamme suffisante, qu'elle ait une capacité assez

grande pour pouvoir brûler pendant deux heures au moins et qu'elle soit bien dans la main de l'ouvrier. Le modèle suivant (fig. 138) a donné

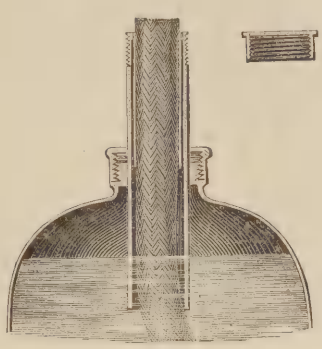


Fig. 138

dans la pratique d'excellents résultats. Une sphère d'environ 8 centimètres de diamètre, aplatie en l'une de ses parties, de manière à former une base, sert de récipient à alcool; elle est percée à sa partie supérieure d'un orifice taraudé, dans lequel on engage l'extrémité d'un tuyau portant à l'intérieur un tube plus petit séparé du premier par un intervalle libre. Une mèche de coton ronde traverse le tube central et plonge dans le liquide du réservoir, la partie annulaire vide, comprise entre les deux tubes, permettant à l'air extérieur de rentrer dans la lampe au fur et à mesure que le niveau de l'alcool s'abaisse dans le

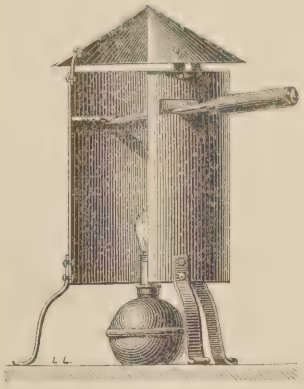


Fig 139

récipient. On peut visser sur ce double tuyau un couvercle qui ferme hermétiquement la lampe, de elle sorte que le liquide ne puisse s'en échapper durant les transports.

La lampe à alcool peut être recouverte d'un cylindre creux en tôle reposant sur trois pieds et surmonté d'un chapeau (fig. 139). Ce cylindre porte intérieurement, à mi-hauteur, un anneau plat au-dessus duquel sont percées, dans l'enveloppe cylindrique, diverses ouvertures ou fenêtres par lesquelles on introduit les fers à polir que l'on veut chauffer. Ces fers reposent à l'extrémité opposée du cylindre sur l'anneau et sont ainsi placés exactement au-dessus de la flamme de la lampe.

Les fers (fig. 140), en acier poli et très maniables, ont une section ovale à bords bien arrondis et sont fixés à un manche en bois léger. Les dimensions suivantes correspondent à un fer bien conditionné :

Longueur du fer	0,160	mètre
Largeur de l'extrémité libre	0,012	—
Largeur près du manche ..	0,017	—
Epaisseur au milieu.....	0,006	—

Le fer ne doit être, en aucun cas, chauffé sur

Fig 140

un feu de charbon, dans un fourneau de plombier, et son usage doit être limité à étendre la composition Chatterton, à polir la gutta-percha et à en faire disparaître les coutures. On reconnait qu'il est chauffé à la température convenable, à l'impression de chaleur douce que l'on ressent en l'approchant de la joue, à une distance de quelques centimètres ; l'extrémité libre du fer présente, en outre, alors une teinte bleu pâle.

On taille la gutta-percha à l'aide de couteaux à fusains dont la lame doit être très tranchante; on la passe sur la langue avant de s'en servir, pour éviter l'adhérence de la gutta au métal. L'excès de gutta des bandes que l'on applique sur l'âme est coupé avec une paire de ciseaux courbes humectée préalablement de la même manière.

E. Wunschendorff

(A suivre.)

SUR LES DÉFINITIONS

DES

PARAMÈTRES MAGNÉTIQUES

Lorsqu'on médite sur l'histoire des sciences, on est frappé de voir qu'à une époque où les faits acquis sont déjà si nombreux, on ne songe pas à coordonner ces résultats en un corps de doctrine solide et philosophique, basée sur les deux grands principes fondamentaux, qui sont d'ailleurs conséquents l'un de l'autre.

1° Le principe de la *conservation des forces vives* ;

2° Celui de la *continuité*, que les métaphysiciens traduisaient par cet adage: *natura non facit saltum.*

On trouve dans les fondements des sciences, l'introduction de définitions qui n'ont, à la vérité, aucun sens général; car, dès que l'on se place dans des conditions différentes d'un cas excessivemen particulier, elles ne sont plus applicables, et rendent l'intelligence des grandeurs qu'elles définissent et les calculs relatifs très difficiles, sinon impossibles.

La presque totalité des coefficients employés dans la théorie de l'élasticité, de l'électricité et du magnétisme présentent cet inconvénient.

Les paramètres thermiques seuls sont définis convenablements grâce aux progrès qu'a constitué, la Thermodynamique, qui n'est que le résultat des deux principes fondamentaux précités.

Sans avoir la prétention de détruire les définitions actuelles, je crois qu'il serait néanmoins prudent, de ne pas multiplier les coefficients comme à plaisir.

Le moyen le plus simple de se représenter la marche des phénomènes et d'en déduire les définitions générales, est assurément celui qu'a si bien inventé Faraday.

La conception géniale de lignes de force, applicable aux actions de toute nature, est en effet une véritable traduction, une représentation matérielle de la loi de continuité.

Cette conception, de pure raison, devait d'ailleurs se confondre plus tard avec les travaux mathématiques de Laplace, Green, Gauss, bien que, tout d'abord, ces travaux paraissaient diverger des idées de Faraday.

L'impossibilité matérielle de l'infini, conduisant Faraday à sa théorie des *éléments correspondants*, nous montre alors le flux de force s'étendant dans un espace fini, la direction de la force en chaque point de l'espace, dépendant de la nature du milieu qu'occupe ce point et de la valeur du potentiel en ce point.

Les coefficients dont je veux surtout m'occuper sont : la perméabilité magnétique, le coefficient d'aimantation induite, la résistance magnétique, notion introduite tout récemment, et enfin un coefficient bien plus récent encore, qui n'a pas jusqu'ici reçu de nom, et que je nommerai volontiers, le coefficient ν d'Hopkinson, du nom de ses auteurs et du symbole choisi par eux.

La perméabilité magnétique est définie, comme étant le rapport numérique entre l'induction magnétique et la force magnétisante par unité de longueur du circuit magnétique

$$\mu = \frac{B}{H}$$

L'induction magnétique, qui porte encore le nom d'aimantation induite, est une quantité définie très vaguement.

La valeur B de l'équation précédente représente, à vrai dire, la composante du flux d'induction magnétique par unité de surface de la section considérée, dont l'aire est S, et peut se définir mathématiquement par le symbole

$$B = \frac{1}{S}\int_0^S b\,d\,s$$

Dans cette formule, b serait la composante de la force magnétique en chaque élément ds d'une section plane donnée, c'est-à-dire que, f, étant la valeur de la force magnétique comptée sur la ligne de force, et α l'inclinaison de la ligne de force sur la direction de la surface plane dans laquelle on mesure le flux, on a

$$b = f \sin \alpha$$

$$B = \frac{1}{S}\int_0^S f \sin \alpha\, d\,s$$

On sait d'ailleurs que f et sin α sont en général fonction des coordonnées $x\,y\,z$ du point considéré.

Dans la majorité des cas, le flux d'induction n'est pas uniformément réparti dans le conducteur, ni dans ses sections, ni sur la longueur de la ligne moyenne de force (que l'on peut considérer comme la ligne de propagation du flux).

La seule mesure même qui puisse se rapprocher du cas d'un flux uniformément réparti sur la longueur du circuit magnétique, est, comme on le sait, celui d'un tore homogène, de section constante, enroulé par des spires magnétisantes uniformément réparties sur la longueur.

Un cas plus particulier encore, et se rapprochant d'une distribution uniforme du flux dans la section du conducteur en même temps qu'une répartition uniforme sur la longueur du circuit magnétique, sera celui d'un tore dont la section sera petite, comparée à l'aire qu'embrasse une spire magnétisante, le rayon de la spire magnétisante étant lui même très petit comparativement à celui du tore. En d'autres termes, il faut que les éléments de la surface (section droite) du conducteur, soient sensiblement à la même distance des éléments de la spire magnétisante, et que les différents éléments de la spire magnétisante soient aussi à des distances sensiblement égales du centre du tore, ou que les lignes de force aient des longueurs approximativement constantes.

Comme ces conditions sont idéales, on n'aura donc là qu'une approximation dont on est, d'ailleurs, très éloigné dans les cas pratiques.

La perméabilité magnétique sera donc en général un paramètre essentiellement variable, dépendant de la répartition de la force magnétisante et de la force magnétique en chaque point.

Or, la répartition de la force magnétisante est aussi inconnue que celle de la force magnétique. Sa valeur intégrale, $4\,\pi\,n\,i$, n'est pas totalement utilisée à produire l'aimantation (à moins que de se placer dans le cas précédent) ; une partie dérivée du champ magnétisant est employée à produire un champ extérieur, dont on n'a jamais étudié l'importance et les variations, du moins à ce que j'en sais.

Dans le cas d'un circuit magnétique complexe (fer, air) par exemple, non-seulement les dérivations se produisent, mais les lignes de forces suivent des trajectoires plus compliquées que dans le circuit fermé ; *toutefois la continuité du flux de force n'en existe pas moins.*

Quelque opération que l'on effectue sur les grandeurs de la force magnétisante et de la matière qui occupe l'espace considéré (tant au point de vue de la valeur quantitative qu'à celui de la position dans cet espace), la variation du flux d'induction mesurée dans une section constante et orientée dans une certaine direction, est continue.

On peut même ajouter que ce flux possède toujours, en général, un maximum au moins et plusieurs minima.

Pour fixer les idées supposons, par exemple, qu'on prenne un barreau de fer de 1 centimètre carré de section et d'une longueur de 20 centimètres (fig. 1). Le circuit sera très ouvert, et le

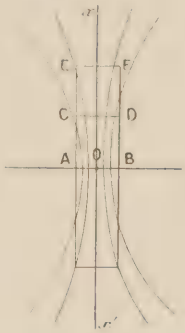


Fig. 1

flux qui passe dans la section médiane est maximum (en A B). A mesure qu'on s'éloigne de A B, le flux devient plus petit. Le flux moyen entre deux sections A B et C D peut se représenter par

$$\frac{1}{X}\int_0^X B\,dx$$

B désignant la valeur moyenne

$$\frac{1}{S}\int_0^S f \sin\alpha\,ds$$

de la composante, de la force magnétique résultante, normale à la surface considérée.

Si donc on prend pour le circuit secondaire une couche de spires uniformément réparties sur une certaine longueur de la partie centrale du barreau, on aura une valeur différente de l'induc-

tion magnétique moyenne, puisque la valeur que l'on mesure expérimentalement est

$$B_m = \frac{1}{XS} \int_0^X \int_0^S f \sin \alpha \, dx \, ds$$

L'expérience suivante confirme cette manière de voir.

On a pris un barreau de 1 centimètre de section et de 20 centimètres de longueur. La bobine magnétisante se composait de 440 tours de fil 27/10 uniformément répartis sur la longueur. Le circuit secondaire a été choisi d'abord de 40 spires placées côtes à côtes et symétriquement par rapport à la section médiane.

On a excité avec un courant de 10,85 ampères; on a employé la méthode balistique par rupture du courant primaire.

On a trouvé pour l'impulsion due aux 40 spires secondaires le nombre 644. Ensuite, on a retiré 36 spires, soit 18 de chaque côté, de telle sorte qu'il ne restait plus que 4 spires secondaires occupant la section médiane du barreau. Le galvanomètre balistique étant maintenu dans les mêmes conditions on a obtenu une impulsion de 72 millimètres due aux 4 spires.

L'induction magnétique moyenne déterminée par la première mesure sera donc représentée par 64,4, tandis que la même quantité est représentée par 72 dans la seconde mesure, soit une différence de

$$\frac{72 - 64{,}4}{72} = \frac{7{,}6}{72} = 0{,}105$$

L'écart des deux mesures atteignait donc 105/1000, ce qui n'a rien qui doive étonner.

On pourra étudier la variation du flux dans chaque section et déterminer expérimentalement la relation

$$B = \varphi(x)$$

qui sera indispensable pour connaître la distribution du flux dans un circuit magnétique complexe.

On peut également rechercher quelle est la valeur de la surface du circuit secondaire qui donne un flux constant :

$$S = f(x)$$

et on aura un tube de force. La même expérience devra s'appliquer à l'air, de telle façon qu'on obtiendra la valeur du flux dans une section quelconque du barreau et dans l'air ; et la fonction

$$B = \varphi(x)$$

sera continue même sur la surface de séparation des deux milieux.

Le flux du au solénoïde magnétisant seul, dans l'air, s'étudiera de la même façon :

$$H = \frac{1}{SX} \int_0^X \int_0^S h \sin \omega \, ds \, dx$$

et dans son acception la plus générale, la per-

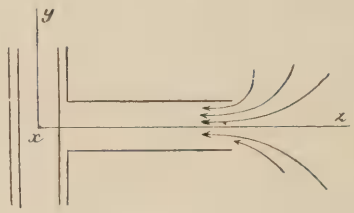


Fig. 2

méabilité magnétique devra se définir par le rapport des intégrales:

$$\mu = \frac{\int_0^X \int_0^S f \sin \alpha \, ds \, dx}{\int_0^X \int_0^S h \sin \omega \, ds \, dx}$$

si tant est besoin de connaître cette valeur.

Un exemple, bien que n'étant pas comparable absolument : le cas du mouvement de l'air dans les ventilateurs [1], nous éclaircira ces vues.

Supposons qu'on place un tube d'amenée devant l'ouie d'un ventilateur (fig. 2) et admettons que celui-ci soit aspirant.

Pour déterminer l'énergie utilisée par le mouvement de la masse d'air, il faut connaître la vitesse de l'air en différents points de l'espace intérieur du tube d'amenée.

Cette vitesse est due à une différence de niveau atmosphérique créé par le mouvement de la tur-

[1] L'énergie dépensée dans l'aimantation est potentielle, tandis que le mouvement de l'air effectue une énergie virtuelle.

bine; elle est, en général, fonction des coordonnées $(x.y.z)$ de l'espace intérieur du tube d'amenée

$$\overline{v} = \varphi(x.\,y.\,z)$$

La vitesse moyenne dans une section S sera l'intégrale définie

$$V_m = \frac{1}{S}\int_0^S \varphi(x.\,y.\,z)\,dx\,dy$$

en considérant z constant.

Dans un cas plus simple, la vitesse est indépendante de z et n'est fonction que des éléments de la section parallèle au plan des xy ; on aura alors

$$V_m = \frac{1}{S}\int_0^S \varphi(x.\,y)\,dx\,dy$$

Enfin, dans un cas plus particulier encore où la surface du tube d'amenée appartient à une série de lignes de propagation du mouvement de l'air, la vitesse ne sera fonction que de la distance de la molécule considérée à l'axe du tube d'amenée. Dans le cas d'un tube d'amenée cylindrique très long, par exemple, la vitesse dans une grande portion de la partie médiane est

$$V = f(\rho)$$

et la vitesse moyenne applicable à toute l'étendue de la section sera

$$v_m = \frac{1}{R}\int_0^R f(\rho)\,d\rho$$

Quelle signification aura l'expression mathématique précédente, sinon qu'elle est simplement le symbole, l'algorithme d'une quantité essentiellement variable.

Dans cet exemple encore, on voit la continuité du flux. La vitesse de l'air mesurée dans la même direction que prcédemment, c'est-à-dire dans celle de l'axe, n'est pas la même qu'à l'intérieur à cause de l'obliquité des filets gazeux à leur entrée. De telle sorte que la vitesse moyenne de l'air à l'entrée est représentée par l'expression

$$\frac{1}{S}\int_0^S v \sin\alpha\, d\,s$$

v désignant la vitesse mesurée dans la direction réelle de la propagation du flux.

Ainsi, tandis qu'on effectue les mesures de l'écoulement des fluides d'une manière compréhensible, on ne le fait pas pour les flux d'induction.

Quant à ce que l'on entend par intensité d'aimantation, sans nous occuper de son origine [1], on la définit comme étant le *moment magnétique de l'aimant par unité de volume.* Il est manifeste que, de prime abord, on ne comprend pas ce que signifie le moment d'un couple divisé par un volume. Le coefficient d'aimantation (qu'on nomme même la *constante d'aimantation*) étant défini comme le rapport de cette intensité d'aimantation à la force magnétisante, est une pure abstraction. Comme il est d'ailleurs essentiellement variable, il n'apporte aucun éclaircissement dans l'étude du phénomène.

La résistance magnétique est peut-être plus significative. M. Bosanquet, reprenant la théorie physique du magnétisme de Weber, considère la résistance magnétique comme représentant la longueur et la section des tubes de propagation du flux d'induction. On comprend, dès lors, que cette résistance soit variable par les variations simultanées de la longueur et de la section de ces canaux, variations dues à la rotation des polarités moléculaires. Sans nous appuyer sur ces idées, la résistance magnétique est une quantité qui n'aurait, à mon avis, qu'une valeur comparative au même degré que la perméabilité magnétique, puisqu'elle est son inverse.

Enfin, le coefficient ν d'Hopkinson est tellement arbitraire qu'on peut facilement lui donner toutes les valeurs possibles. Ce coefficient introduit pour constituer une construction théorique de la caractéristique des machines dynamos, représente dans l'acception particulière que lui ont donnée MM. Hopkinson, le rapport entre le flux d'induction maximum et le flux minimum d'un circuit magnétique complexe, tous deux mesurés dans un même plan, qui est un plan de symétrie du flux d'induction.

A la vérité, ce coefficient est loin d'être connu, il représente en quelque sorte le *rendement* du flux créé par la force magnétisante intégrale dépensée. Mais, ce coefficient est assurément fonc-

[1] Voir à ce sujet un article de M. P.-H. Ledeboer, *La Lumière Électrique*, 1886, n° 52, voir aussi Maxwell, *Electricity and magnetism.*

tion de la force magnétisante intégrale, et des dimensions géométriques du circuit magnétique Sa variation a, je crois, beaucoup de chance à être plus compliquée que celle de la répartition du flux le long du circuit magnétique.

Enfin, dans le cas de la machine en marche, ce coefficient doit être, en outre, fonction de la vitesse et de la force démagnétisante créée par le courant qui traverse l'armature.

En résumé, le véritable paramètre qu'il conviendrait d'adopter serait la perméabilité magnétique, telle que nous l'avons définie

$$\mu = \frac{\int_0^X \int_0^S f \sin \alpha \, d s \, d x}{\int_0^X \int_0^S h \sin \omega \, d s \, d x}$$

qui représente la perméabilité moyenne dans un volume ou encore

$$\mu = \frac{\int_0^S f \sin \alpha \, d s \, d x}{\int_0^S h \sin \omega \, d s \, d x}$$

qui définit la perméabilité moyenne dans une section.

D'après nos vues, basées sur la continuité du flux, nous appellerons également perméabilité dans l'entrefer, le rapport des deux intégrales définies, se rapportant au volume occupé par l'air [1].

CH. REIGNIER

LES

CONDENSATEURS ÉTALONS

A PROPOS DES

MESURES DE L'EXPOSITION D'ANVERS

L'unité de résistance adoptée par le Congrès international des électriciens et fixée ensuite par la commission spéciale de l'ohm, est admise aujourd'hui par tous les fabricants de boîtes de résistance et les appareils qu'ils livrent, pour la pratique courante, sont en général exacts à quelques millièmes près au maximum. Les boîtes étalonnées renfermant les multiples et les sous-multiples de l'ohm sont, pour ainsi dire, devenues d'un usage aussi fréquent dans l'industrie électrique que les séries de poids ou de mesures dans les opérations commerciales.

L'exactitude à laquelle les fabricants d'instrument de mesures arrivent dans l'étalonnage des boîtes de résistance est suffisante, en général, pour tous les besoins de la pratique. Le temps n'est pourtant pas si éloigné où le plus grand désarroi régnait encore dans ce domaine.

Il nous suffira de rappeler le fait suivant, rapporté, il y a quelques années, par M. Rothen dans le Journal télégraphique de Berne. En 1862, trois fabricants, MM. Digney, Bréguet et Hipp avaient exposé à Londres des rhéostats basés sur la résistance d'un hectomètre de fil de fer télégraphique de 4 millimètres de diamètre. Or, ces mêmes unités nominales avaient respectivement les valeurs 0,9266, 1,042 et 0,9760, dont les différences dépassaient 15 o/o.

Les étalons de capacité actuels n'offrent pourtant pas la même incertitude que celle des unités de résistance que nous venons de considérer; cependant, la mesure exacte en valeur absolue d'une capacité et l'étalonnement d'un condensateur dépendent de tant de circonstances secondaires, que les étalons actuellement en usage présentent entre eux des différences qui dépassent de beaucoup celles auxquelles on serait en droit de s'attendre, vu l'état actuel de la science électrique.

L'incertitude qui pèse ainsi sur la valeur exacte de la capacité d'un condensateur étalon, même fourni par une maison de premier ordre, oblige l'électricien qui veut faire des mesures de capacité en valeur absolue avec une exactitude même inférieure à 1 o/o, à vérifier au préalable la valeur de son étalon, en ramenant, autant que possible, ses mesures à la comparaison finale d'une résistance facile à comparer avec l'ohm légal, et d'un temps. Il est, en outre, très important d'étudier les variations des éléments d'un condensateur avec les influences extérieures; ainsi l'étude de la variation de la capacité avec la température, celle des phénomènes de charges résiduelles et

---

(1) Suivant une habitude constante, nous publions sans commentaires l'étude de notre collaborateur, mais en dégageant complètement le Journal de la responsabilité de vues entièrement personnelles.

La Rédaction

des variations de la résistance apparente avec la durée de charge, etc., sont de toute nécessité.

Les études entreprises sur des condensateurs tels qu'on les a dans la pratique, sont malheureusement très peu nombreuses et les observations rassemblées à la suite des diverses applications de ces appareils sont relativement en nombre restreint. Aussi, accueillons-nous avec empressement les mesures si exactes qu'a faites dernièrement M. Antonio Roïti, professeur à l'Université de Florence, sur divers condensateurs, à l'occasion de la dernière exposition universelle d'Anvers.

Avant de nous étendre sur ces travaux, nous voulons résumer rapidement la question et donner un bref aperçu des recherches antérieures.

Le milieu isolant employé dans la construction des condensateurs varie suivant les fabricants ; cependant, par raison d'économie, les condensateurs dont le diélectrique est formé par du papier paraffiné ou imprégné d'une composition isolante similaire, sont les plus nombreux ; disons qu'il existe aussi bon nombre de condensateurs dont le diélectrique est formé de lames de mica, et que depuis quelque temps la production de l'ébonite en feuilles très minces a permis d'utiliser ce dernier diélectrique d'une façon très avantageuse.

Les condensateurs de *Varley* se composent, comme on le sait, de feuilles très minces d'argent battu, recouvertes de paraffine, et de feuilles d'étain. Ceux de *Clark* sont formés de feuilles d'étain et de feuilles de mica recouvertes de paraffine ou de gomme laque ; la maison Latimer Clark, Muirhead et Cie en construit actuellement encore de ce système. Quant aux condensateurs de W. *Smith*, ils ont comme diélectrique des feuilles d'une gutta-percha spéciale, renfermant une grande proportionde gomme laque. La maison *Elliot, brothers*, à Londres, construit, si nous ne faisons erreur, ses condensateurs en employant du papier paraffiné comme diélectrique.

Le diélectrique des condensateurs de la maison Berthoud, Borel et Cie, à Cortaillod, est formé de papier trempé dans une composition isolante dont la paraffine forme la base principale.

La construction de ces appareils en général, demande une quantité de soins minutieux et c'est principalement ce fait qui en augmente le prix ; il faut en effet beaucoup de temps et des mesures de laboratoire assez longues pour étalonner exactement un instrument.

L'uniformité du diélectrique a aussi une grande importance ; il faut que la couche isolante ait partout la même épaisseur, afin d'avoir une sécurité suffisante pour les tensions que le condensateur doit pouvoir supporter. Le choix des feuilles métalliques et celui du papier, dans le cas des condensateurs à papier paraffiné est aussi très important ; il faut employer un papier à grains très fins, qui soit très uni et paraffiné avec le plus grand soin, de la manière la plus uniforme possible. Les feuilles de papier et de métal placées alternativement l'une sur l'autre sont ensuite renfermées dans un cadre en fonte, isolées à la paraffine et comprimées fortement ; puis le tout est noyé dans de la paraffine. Le réglage exact se fait par l'adjonction d'une série de feuilles métalliques de plus en plus petites et reliées aux autres parties du circuit.

Nous regrettons de ne pouvoir donner des renseignements plus complets sur la fabrication de ces appareils, vu qu'il ne nous a pas encore été possible de nous les procurer ; aussitôt que cette lacune aura été comblée, si elle peut l'être jamais, nous nous empresserons de donner des détails plus précis sur ce point.

Avec l'épaisseur des feuilles isolantes, un des éléments les plus importants d'un diélectrique destiné à être utilisé dans la construction d'un condensateur, c'est son pouvoir inducteur spécifique ; la capacité du condensateur est, en effet, directement proportionnelle à cette constante. Les valeurs de celles-ci sont approximativement les suivantes pour quelques diélectriques solides usuels et pour une durée de charge très courte.

Verre ordinaire	5,8 à 6,3
Mica	4 à 5
Paraffine	1,85 à 2,47
Ébonite	2,21 à 3,15
Gomme-laque	3,15

On voit que le mica vient en première ligne ; comme on peut l'obtenir par le clivage, en feuilles très minces, il semblerait que ce minéral devrait être le plus fréquemment employé dans la construction des condensateurs. Mais la question de prix mise à part, il y a aussi d'autres facteurs qui en ont forcément limité l'emploi ; ce sont les phénomènes de charge résiduelle et de conductibilité

qui se produisent dans les condensateurs à mica avec une intensité relativement aussi considérable que dans ceux à papier imprégné, en sorte que l'avantage reste tout bien considéré à ces derniers.

Condensateurs à feuilles de mica

A la session de Dundee, en 1867, de l'*Association britannique*, M. Fleeming Jenkin publia le premier travail d'ensemble sur un condensateur à feuilles de mica et à feuilles d'étain, construit par M. Clark; il en mesura la capacité en unités absolues et la résistance d'isolement.

Rappelons rapidement en quoi consiste la méthode employée par le savant électricien anglais pour l'étalonnage de son condensateur.

On mesure simplement en unités électromagnétiques absolues, la quantité d'électricité qui passe dans la décharge, après avoir auparavant déterminé la force électromotrice avec laquelle on a chargé le condensateur. Pour cela, on dispose dans le même circuit une pile et un rhéostat dont la résistance R est très considérable; on charge le condensateur à la différence de potentiel E existant aux deux extrémités de la bobine; la quantité d'électricité accumulée ainsi dans le condensateur de capacité C étant désignée par Q, on a

$$C = \frac{Q}{E} \qquad (1)$$

Or, l'intensité du courant i qui traverse la résistance R est

$$i = \frac{E}{R}$$

ce courant produit une déviation u sur le galvanomètre dont la constante est G, et l'on a

$$i = \frac{H}{G} \operatorname{tang} u$$

H étant la composante horizontale de la force magnétique terrestre. On a donc

$$E = R \frac{H}{G} \operatorname{tang} u \qquad (2)$$

La quantité d'électricité Q fournie par le condensateur pendant sa décharge se mesure, en observant la déviation V produite par l'impulsion que reçoit l'aiguille sous l'influence du courant de décharge; on a alors

$$Q = \frac{H}{G} \frac{T}{\pi} 2 \sin \frac{V}{2} \qquad (3)$$

T est la durée d'oscillation de l'aiguille du galvanomètre balistique.

Des deux formules (2) et (3), il résulte donc immédiatement

$$C = \frac{T}{R} \frac{2 \sin \frac{V}{2}}{\alpha \operatorname{tang} u} \qquad (4)$$

La capacité C est ainsi mesurée en fonction de la résistance R et du temps T.

Cette méthode présente de grandes difficultés dans le cas ordinaire où les diélectriques sont des solides, car, par suite des phénomènes dont ces derniers sont le siège, la décharge des condensateurs n'est jamais instantanée et l'on n'est jamais sûr que sa durée ne soit qu'une fraction négligeable de celle de l'oscillation du galvanomètre.

Nous sommes entré dans quelques détails sur cette méthode, à cause de l'intérêt historique qui s'y attache; nous renvoyons pour les autres méthodes d'étalonnage au traité d'électricité de MM. Mascart et Joubert.

Nous avons déjà dit plus haut que les propriétés particulières du mica empêchaient son emploi dans la construction des condensateurs étalons de précision. Nous voulons, à l'appui de ce dire, citer les principaux résultats des recherches effectuées il y a quelques années par M. le Dr Kægi, au laboratoire de l'École polytechnique de Zurich, sur un condensateur à feuilles de mica.

La charge d'un condensateur à feuilles de mica en contact direct avec les feuilles métalliques n'est pas indépendante de la durée du contact avec la source d'électricité, mais augmente rapidement avec celle-ci; voici par exemple les résultats de quelques mesures. Les nombres ci-dessous, expriment la charge du condensateur, après une

durée de contact avec une pile de 1 ou 4 éléments Daniell, de 0,01 seconde à 300 secondes.

Durée de charge	Potentiel de charge 1 Daniell	4 Daniell
0,01	100,0	100,0
0,03	108,5	108,0
0,05	112,8	113,7
0,1	121,8	122,2
9,2	129,6	130,8
1	155,9	158,3
2	172,1	173,3
3	178,1	179,3
5	186,0	187,6
10	194,4	194,4
30	201,0	201,5
60	202,4	203,3
120	202,6	203,5
300		203,4

La charge s'approche donc d'une valeur limite atteinte pour un temps suffisamment grand et l'augmentation apparente de capacité qui résulte de ce phénomène semble être aussi indépendante du potentiel de charge.

M. Kægi a trouvé, en outre, que la charge du condensateur augmente plus rapidement que le potentiel de la source d'électricité, et que sa résistance d'isolement diminue quand la force électromotrice de charge augmente; on conclut de cette dernière particularité que le mica présente au point de vue de la conduction de l'électricité; les mêmes phénomènes qu'un électrolyte, la résistance spécifique de ce minéral augmente avec la durée de l'électrisation et sa valeur limite n'est atteinte qu'après un certain intervalle de temps.

Les résultats ci-dessus ne s'appliquent directement qu'aux condensateurs dont les feuilles de mica sont en contact immédiat avec les feuilles métalliques. Les mesures suivantes faites par M. Schneebeli [1], il y a quelques années, sur un condensateur à feuilles de mica paraffinées construit par une maison de Londres (Latimer-Clark?) se rapprochent beaucoup plus des conditions de la pratique. Ce condensateur permettait d'intercaler des capacités quelconques variant de 0,001 à 1 microfarad; son étalonnage a donné les valeurs suivantes pour les diverses fractions combinées de l'appareil, exprimées en fonction de la capacité totale de 1 microfarad nominal.

Valeur nominale	Valeur réelle	Différence en o/o
1,0	1,000	—
0,5	0,490	— 2
0,5	0,490	— 2
0,25	0,240	— 4
0,25	0,253	+ 1,2
0,2	0,198	— 1,0
0,2	0,187	+ 2,0
0,1	0,102	— 4,0
0,1	0,096	

On voit que les différences relatives sont très considérables; les erreurs absolues sont encore plus grandes, car la valeur nominale du microfarad diffère beaucoup plus de la valeur absolue, cette dernière étant de 1,0957 microfarad; l'erreur est donc de 9,5 o/o.

L'augmentation de la charge avec la durée de celle-ci n'est pas aussi rapide que dans le condensateur cité plus haut; elle est cependant encore assez sensible, comme on peut en juger par les nombres suivants :

Force électromotrice de charge

1 Daniell: Durée de la charge	Décharge	2 Daniell: Durée de la charge	Décharge
2 s.	130,6	5 s.	65,5
4	131,4	15 s.	66,1
8	132,9	30 s.	66,7
10	133,2	1 m.	67,2
15	133,8	30 m.	71,1
30	134,7	3 h.	74,2
60	135,6		
300	139,0		

L'isolation de ce condensateur n'a pas répondu non plus à ce qu'on en pouvait attendre; car on a constaté des pertes de charge de 13 o/o après une durée d'isolation de 1 minute seulement.

Condensateurs à feuilles de papier paraffiné

Parmi les autres diélectriques employés à la construction des condensateurs et ayant donné des résultats satisfaisants, nous avons déjà mentionné le papier paraffiné; les propriétés électriques de ce milieu isolant sont, lorsqu'il est prépare avec beaucoup de soin et avec des matières premières

[1] Archives de Genève, 1884. *Zürcher Vierteljahrschrift*, 1882.

de bonne qualité, sensiblement supérieures à celles du mica.

Nous voulons, à l'appui de ce dire, citer les résultats obtenus par M. Schneebeli sur un condensateur en papier paraffiné construit par une maison de Londres (Elliott, brothers).

Ce condensateur se compose de quatre subdivisions de 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 microfarad dont les valeurs effectives en fonction de la capacité totale sont :

Valeur nominale	Valeur effective	Valeur absolue
0,1	0,0997	0,1118
0,2	0,2050	0,2299
0,3	0,3003	0,3367
0,4	0,3070	0,4452
1,0	1,0000	1,1214

L'étalonnage des subdivisions est fait avec beaucoup de soin, comme on peut le voir par les chiffres ci-de us ; mais la valeur absolue de l'étalon diffère de 12 o/o de la valeur nominale.

La durée de la charge ne fait varier la valeur de celle-ci que d'une manière peu sensible ; voici les valeurs obtenues avec une force électromotrice de 1 Daniell.

Durée de la charge	Décharge
5 secondes	275,3
10 —	275,9
20 —	276,1
30 —	276,4
1 minute	276,9
5 —	278,1
20 —	279,0

Les résidus sont aussi notablement plus faibles et diminuent beaucoup plus rapidement que dans le condensateur à feuilles de mica. L'isolation est aussi meilleure ; la perte de charge n'est que 9 o/o à peine après 10 minutes.

L'influence de la température par contre est très sensible, la capacité diminuant de 7 o/o environ pour une baisse de température de 20° C.

Nous reviendrons bientôt sur les condensateurs à feuilles de papier paraffiné à propos des mesures de M. Roïti à l'Exposition d'Anvers, mais nous voulons auparavant dire quelques mots d'un condensateur à feuilles d'ébonite, construit au laboratoire de l'École polytechnique de Zurich et dont les qualités électriques sont très remarquables.

Condensateurs à feuilles d'ébonite

On est parvenu dans le cours de ces dernières années à obtenir l'ébonite en feuilles régulières très minces ; leur emploi dans la construction des condensateurs, abstraction faite du prix, est tout indiqué ; car, cette substance est, de tous les diélectriques solides, celle dont les propriétés se rapprochent le plus de celles d'un diélectrique parfait ; sa résistance spécifique est énorme et les phénomènes de polarisation qui compliquent si singulièrement les mesures de capacité n'ont pas l'intensité que l'on observe dans les autres isolants.

Le condensateur à feuilles d'ébonite mentionné plus haut se compose de 96 feuilles de 0,6 m. m. environ d'épaisseur séparées par du clinquant ; sa capacité est égale à 0,9650 microfarad à la température de 22°.

Ses propriétés électriques sont excellentes, car on a trouvé, par exemple, que la charge est toujours proportionnelle à la force électromotrice entre des limites de 0,001 à 3 Daniell.

La durée de la charge est aussi très peu sensible, ce qui ressort clairement des nombres suivants obtenus avec une force électromotrice de 1 Daniell.

Durée de la charge	Décharge
très courte	373,6
1 seconde	374,0
5 —	374,9
10 —	375,3
20 —	375,6
30 —	375,8
60 —	375,8

Avec une durée de charge supérieure à 10 secondes, la capacité est même complètement indépendante de cette durée.

Quant aux résidus, ils sont insensibles si la durée de charge est faible et n'atteignent pas 1 o/o même pour une durée de 1 minute.

Le seul inconvénient du condensateur à feuiles d'ébonite est l'augmentation rapide de sa capacité avec la température, augmentation qui a été trouvée de 0,37 o/o pour une variation de température de 1° C.

Cependant, il est facile de tenir compte de cette correction, en sorte que cette imperfection qui peut provenir d'une variation du pouvoir in-

ducteur spécifique de l'ébonite avec la température ou plutôt d'une variation dans les intervalles du diélectrique et des feuilles métalliques, ne doit pas être un obstacle sérieux à l'emploi de cette matière dans la construction des condensateurs. Un inconvénient plus difficile à éviter et qui empêchera pendant longtemps encore la propagation de condensateurs étalons à feuilles d'ébonite sera évidemment leur prix élevé.

Cette considération du prix de revient donne ainsi aux condensateurs à papier paraffiné une importance plus considérable que ne semblaient l'indiquer tout d'abord les propriétés de ce diélectrique.

Mesures de M. Roiti sur les condensateurs exposés à Anvers

A l'Exposition d'Anvers, la maison Berthoud, Borel et Cie avait exposé deux condensateurs qui ont été étudiés, ainsi que nous l'avons dit, par M. A. Roïti, au laboratoire de l'Institut royal des études supérieures, à Florence. Les mesures du savant professeur italien ont porté spécialement sur les points suivants :

1° La vérification de l'exactitude des subdivisions;

2° La mesure, à l'aide de plusieurs méthodes, de la capacité absolue ;

3° La détermination de la résistance apparente des condensateurs, ainsi que sa variation avec la durée de charge.

Pour la commodité des mesures, M. Roïti a considéré, en outre, deux autres condensateurs, l'un à feuilles de papier paraffiné (Elliott, brothers, à Londres), l'autre à lames de mica recouvertes de gomme-laque (Latimer Clark, Muirhead et Cie, à Westminster).

Les résultats obtenus par M. Roïti, ainsi que les méthodes employées dans le cours de ses recherches, sont trop intéressants pour que nous puissions nous dispenser d'entrer dans quelques détails.

Les premières mesures ont consisté dans la comparaison des capacités et la vérification de l'étalonnage des condensateurs. Cette comparaison a lieu à l'aide de la méthode de *de Sauty*, analogue à celle du pont de Wheatstone pour la mesure des résistances. (1)

Le condensateur X à examiner (fig. 1), et l'étalon C qu'on choisit comme terme de comparaison, sont placés dans deux côtés adjacents du pont, tandis que les deux autres sont constitués par deux boîtes de résistance R et S. Suivant que le manipulateur M appuie contre le buttoir A ou contre B, les condensateurs sont maintenus au même potentiel ou chargés à celui de la pile P. Au repos, la clef M étant en A, si on l'abaisse, le galvanomètre ne doit pas dévier si la relation,

$$\frac{X}{C} = \frac{S}{R}$$

est satisfaite.

En pratique, on trouve toujours une déviation,

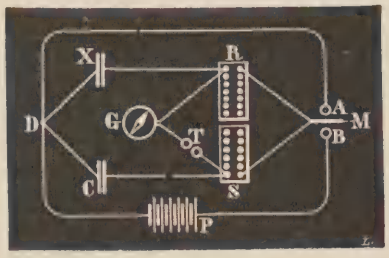


Fig. 1

à cause de la pénétration des charges et de l'isolement imparfait entre les deux armatures des deux condensateurs. Mais, en maintenant fixe la résistance S et en faisant varier peu à peu la résistance R, on arrive à un moment où, en abaissant le manipulateur M, le galvanomètre accuse d'abord une légère déviation d'un côté du zéro, puis, aussitôt après, une déviation de l'autre côté. Si on règle R de manière à éliminer la première impulsion, la capacité X est donnée, d'après Glazebrook (2), par la formule

$$X = C\,\frac{S}{R}\left[1 - 2\left(\frac{S}{\rho_c} - \frac{R}{\rho_x}\right)\right]$$

dans laquelle ρ_c et ρ_x sont les résistances apparentes des condensateurs ; ces résistances apparentes augmentent avec le temps, en sorte que la correction est toujours un peu douteuse ; c'est

(1) Voir *La Lumière Electrique*, vol. XX, p. 156.
(2) *Phil. Magasine*, vol. XI, p. 377, 1878.

pourquoi M. Roïti a préféré, vu l'approximation demandée, négliger la correction ci-dessus, et prendre comme valeur de R, celle qui correspond à la disparition de la première impulsion et à

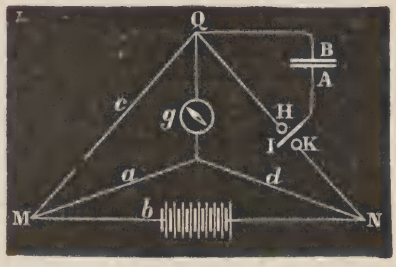


Fig. 2

une déviation lente et régulière du côté de zéro.

A l'aide des condensateurs de MM. Elliot et de Latimer Clark, M. Roiti a pu faire trois comparaisons indépendantes, et il a obtenu les valeurs suivantes pour les subdivisions :

(1,0); (0,5); (0,2); (0,2)*; (0,1); (0,5)* = (0,2) + (0,2)* + (0,1)

d'un des deux condensateurs Berthoud et Borel divisé en plusieurs fractions, et pour le second des condensateurs (1,0), livré par la même maison :

(1,0)	(1,0)	(0,5)	(0,5)*	(0,2)	(0,3)*	(0,1)
1,0043	1,0000	0,4988	0,5011	0,20052	0,20183	0,10112

Si l'on tient compte aussi du fait que la correction qui n'a pas été appliquée tendrait à diminuer les valeurs obtenues pour la capacité des petites subdivisions, on peut conclure des résultats ci-dessus que *les erreurs relatives des deux microfarads nominaux et de leurs fractions sont inférieures à un pour cent.*

La mesure absolue de la capacité des condensateurs a été faite d'abord au moyen du pont de Wheatstone. Dans cette méthode, une des diagonales PQ du pont, contient le galvanomètre de résistance g ; l'autre MN renferme la pile de résistance b ; deux des côtés MN et NP, qui aboutissent à la diagonale du galvanomètre, contiennent deux résistances a, d (fig. 2).

L'autre extrémité Q de cette diagonale communique avec une armature B du condensateur, dont la seconde armature A est reliée à une pièce métallique I qui vibre entre deux contacts de platine HK, où le troisième côté présente une interruption. La résistance c du quatrième côté MQ peut être variée par degrés, jusqu'à ce que le galvanomètre reste au zéro. Alors, si n est le nombre des vibrations complètes qu'exécute la languette I en une seconde, la capacité du condensateur est donnée par la formule [1]

$$X = \frac{a\,[(a+c+g)(a+b+d) - a^2]}{n\,[(a+b+d)(a+c) - a\,(a+d)]\,[(a+d)(a+c+g) - a\,(a+c)]} \qquad (5)$$

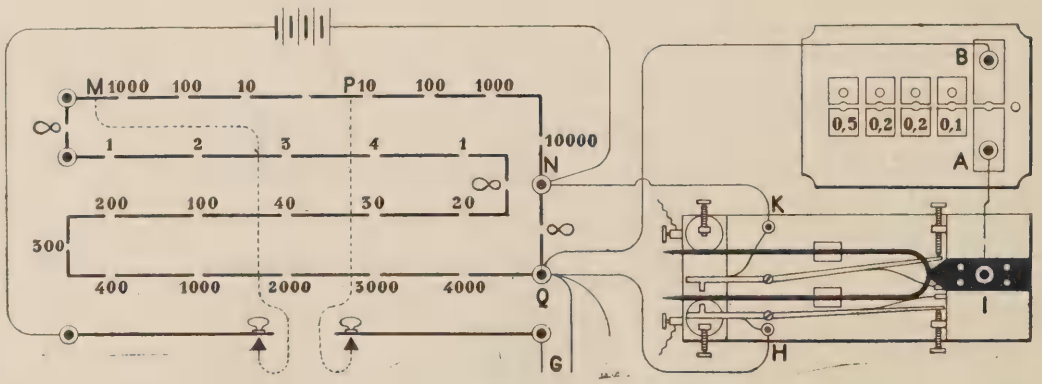


Fig. 2

La figure 3 indique la disposition donnée aux appareils ; les lettres correspondent à celles de la figure schématique précédente.

Le pont de Wheatstone a été comparé avec une unité normale de Siemens; cette unité normale de Siemens effectue, dans toutes ces mesures, la transition entre le système d'unités arbitraires et le système absolu. Or, on sait que les unités nor-

(1) *Phil. Transactions*, 1883, t. III.

males de Siemens, quelque exactes qu'elles aient été à l'origine, présentent souvent des anomalies assez grandes, provenant, en partie, d'un lent travail moléculaire du fil dont elles sont formées ; c'est pourquoi une comparaison directe de cette unité avec l'un des ohms légaux qui existent actuellement, avec ceux de M. Benoit, par exemple, aurait été très désirable.

M. Roiti a renoncé à l'interrupteur adopté primitivement par MM. J.J.Thomson et Glazebrook, consistant en une lame vibrante actionnée par un électro-aimant, pour le remplacer par une combinaison de deux diapasons excités électriquement ; la durée d'oscillation du diapason excitateur était mesurée par la méthode stroboscopique de lord Rayleigh ; les vibrations du diapason excité par le premier et servant d'interrupteur, étaient enregistrées sur un cylindre ; on obtenait ainsi une exactitude très grande.

La capacité des condensateurs a été mesurée en valeur absolue, une seconde fois, en partant de la méthode donnée, il y a quelques années déjà, par M. Roiti ; dans cette méthode, on ramène la mesure de la capacité à celle d'un coefficient d'induction mutuelle et de deux résistances ; voici en quoi elle consiste.

Sur le circuit d'une pile P, dans lequel passe un courant d'intensité i, on choisit deux points A, B, entre lesquels est comprise une résistance R ; si l'on relie ces points aux armatures d'un condensateur de capacité C, celui-ci recevra une charge égale à CRi (fig. 4).

Si l'on intercale entre le condensateur et le point A, par exemple, un galvanomètre, et qu'on répète la charge du condensateur n fois par seconde, en excluant le courant de décharge, il passera par le galvanomètre un courant d'intensité moyenne

$$I = n C R i$$

Si, d'autre part, on a dans le circuit de la pile une bobine inductrice, et en face de celle-ci une bobine induite qui communique avec le galvanomètre, et si M est le coefficient d'induction mutuelle, G la résistance totale du circuit induit, et si l'on envoie dans le galvanomètre n courants de fermeture par seconde, celui-ci recevra un courant d'intensité moyenne

$$I = n M \frac{i}{G}$$

En réglant les résistances G et R, de manière que le galvanomètre reste au repos, on aura

$$C = \frac{M}{G R} \qquad (6)$$

Les deux interrupteurs H et K sont placés sur l'axe de rotation d'un moteur hydraulique, avec une différence de phase de 1/4, de façon à n'envoyer dans le galvanomètre que les courants de fermeture (ou d'ouverture), et les seuls courants de charge (ou de décharge).

Cette méthode permet également de déterminer le coefficient d'induction mutuelle M, en fonction de la capacité C ; elle a été, par exemple, employée par M. Carey Foster, nous avons rendu compte, il y a quelque temps [1].

Une vérification fort simple de l'installation

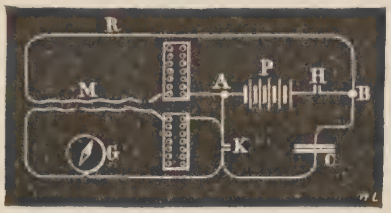


Fig. 4

consiste à observer si le galvanomètre reste au repos, lorsque l'interrupteur H est actionné seul, ou lorsque le condensateur C et les bobines M sont enlevés du circuit ; si cette condition n'est pas satisfaite, la cause doit en être cherchée dans un défaut de l'installation.

A l'aide des mêmes bobines qui ont servi à M. Roiti à sa détermination de l'ohm, ce savant a trouvé, pour les valeurs absolues des capacités des condensateurs étudiés, des nombres un peu plus faibles que par la méthode précédente.

Nous donnons dans le tableau p. 576 les valeurs obtenues pour les quatre condensateurs étudiés et leurs subdivisions, avec leurs erreurs en pour cent.

En étudiant les résultats obtenus, on voit que les condensateurs suisses ont une capacité trop faible de 3,5 o/o environ, ce qui semblerait indiquer une erreur de cet ordre dans le condensateur étalon avec lequel ils ont été gradués.

(1) *La Lumière Électrique*, vol. XXIII, p. 531.

Les résultats de M. Roïti sont trop concordants pour qu'on puisse chercher la cause de ces divergences dans un vice de méthode. Tout au plus pourrait-on expliquer la différence entre les résultats obtenus par la méthode Roïti et ceux donnés par le pont de Wheastone, par une erreur dont serait affectée l'unité de résistance employée dans ces recherches. En effet, en faisant abstraction d'une exactitude complète, on peut écrire la formule (5) sous la forme approchée

Capacités légales des condensateurs, déterminées

	Capacité nominale en microfarad	Par le pont de Wheatstone et le diapason		Par le pont de Wheatstone et les condensateurs auxiliaires		Par la méthode Roïti directement		Par la méthode Roïti et les condensateurs auxiliaires	
			Erreurs en o/o		Erreurs en o/o		Erreurs en o/o		Erreurs en o/o
(1,9)	1,0000	0,9555	4,45	0,9633	3,67	0,9612	3,88	0,9677	3,23
(1,0)	1,0000	0,9541	4,59	0,9537	4,13	0,9593	4,07	0,9631	3,69
(0,5)	0,5000	0,4766	4,68	0,4783	4,34	0,4791	4,18	0,4805	3,90
(0,5)*	0,5000	0,4787	4,26	0,4805	3,90	0,4814	3,72	0,4827	3,46
(0,2)	0,2000	0,19129	4,35	0,19225	3,87	0,19260	3,70	0,19314	3,43
(0,2)*	0,2000	0,19290	3,55	0,19354	3,23	0,19406	2,97	0,19443	2,78
(0,1)	0,1000	0,09651	3,49	0,09694	3,06	0,09720	2,80	0,09738	2,62
Latimer-Clark	0,3333	0,33446	0,34			0,3359	0,87		
Elliot	0,5000	0,50206	3,41			0,5045	0,90		

$$X = \frac{a}{n\,c\,d}$$

la formule qui est à la base de la seconde méthode étant

$$X = \frac{M}{G\,R}$$

on voit que, si l'unité de résistance est affectée d'une erreur α, les vraies valeurs de la capacité seront $\frac{X}{\alpha}$ dans le premier cas et $\frac{X_1}{\alpha^2}$ dans le second cas.

Comme ces valeurs doivent être égales, on obtient donc

$$\alpha = \frac{X_1}{X}$$

La valeur de ce rapport, déduite des mesures des neuf condensateurs, oscille entre 1,0043 et 1,0071, et est en moyenne de 1,0058; il en résulte donc que l'ohm légal qui a servi d'unité de mesure devrait être égal à 1,0058 ohms théoriques et par conséquent, l'ohm théorique devrait être seulement de 105,4 cm. de mercure. La différence considérable avec la valeur de 106,0 cm. admise par la conférence de Paris doit être cherchée plutôt dans les imperfections des diélectriques des condensateurs que dans une erreur de l'unité de résistance quoique cette dernière alternative, au moins pour l'unité Siemens employée, ne soit pas absolument exclue.

En effet, dans les mesures faites par la méthode de Roïti, la durée de charge était de 1/14 de seconde environ, tandis que dans les essais au pont de Wheatstone elle était inférieure à 1/200 de seconde. Les différences obtenues proviennent sans doute de ce fait, et d'ailleurs on n'aura des résultats concordants dans l'étalonnage des condensateurs qu'en adoptant pour les mesures une durée de charge uniforme ; aussi ne faut-il pas trop s'étonner des divergences relativement considérables données par les condensateurs suisses ; car elles proviennent en grande partie de la différence entre les durées de charge employées, l'étalonnage à la fabrique ayant été sans doute effectué avec une durée plus grande, ce qui a pour effet d'augmenter la capacité apparente du condensateur. Au reste, dans tous les essais de la pratique, dans les mesures de capacité des câbles, par exemple, il n'est guère possible d'employer des durées de charge aussi faibles que celles de M. Roïti, une charge d'une seconde étant bien le minimum généralement admis.

Nous passons maintenant aux mesures de la résistance apparente des condensateurs, telles

qu'elles ont été effectuées par M. Roïti. Voici la méthode à laquelle il s'est arrêté :

Une pile très bien isolée et de force électromotrice constante charge le condensateur à tra-

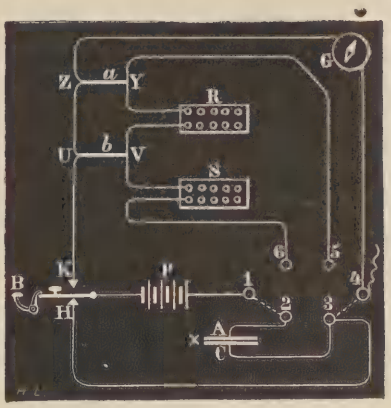


Fig. 5

vers un galvanomètre de grande résistance et on observe ses déviations de minute en minute ; on gradue ensuite le galvanomètre en le fermant sur une dérivation prise sur un circuit formé de la pile P et d'une résistance considérable. M. Roïti avait, pour la commodité des mesures, disposé les appareils comme l'indique la figure 5.

Un des pôles de la pile P est relié à la clef de Kempe B, l'autre au commutateur à mercure de Pohl à six godets (1,2,3,4,5,6,). Dans la position du commutateur donnée par la figure, le condensateur est chargé par la pile P, dès qu'on abaisse la clef B; on peut alors prendre le zéro du galvanomètre. Si l'on appuie ensuite sur le bouton B du manipulateur, le contact H est interrompu et le contact K s'établit ; le courant de charge du condensateur passe alors par le galvanomètre et on a la relation

$$I_1 = \frac{E}{P + G + x}$$

dans laquelle E et P sont la force électromotrice et la résistance de la pile, G la résistance du galvanomètre et x la résistance apparente du condensateur à l'instant de l'observation.

La série des observations avec le condensateur étant terminée, on gradue le galvanomètre en intervertissant le commutateur de Pohl et établissant les communications 1...6 et 4...5 ; le circuit de la pile est alors fermé par les points 1, 6, V U K, et les résistances S et b ; sur ce circuit on prend, aux points U et V, une déviation fermée par les résistances R et a et enfin entre les points Z et V de cette dérivation, on intercale le galvanomètre G ; en posant

$$a' = \frac{G\,a}{G + a}$$

$$b' = \frac{(R + a')\,b}{R + b + a}$$

l'intensité de courant dans le galvanomètre est

$$I = \frac{a}{G + a}\;\frac{b}{R + b + a'}\;\frac{E}{S + P + b'}$$

On obtient ainsi en éliminant E entre les expressions de I et I_1 :

$$x = \frac{(G + a)(R + a + b)(S + P + b)}{a\,b}\;\frac{I}{I_1}$$

En employant une pile de 36 éléments Daniell

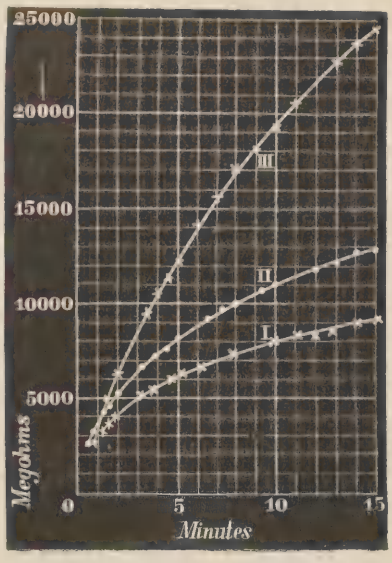


Fig. 6

et en prenant toutes les précautions possibles, M. Roïti a pu faire des mesures assez concordantes. La figure 6 donne les résultats obtenus pour trois condensateurs ; la courbe I se rapporte au condensateur Berthoud-Borel (1,0), subdivisé en plusieurs fractions, la courbe I au microfarad

simple (1,0)′ de la même maison et enfin la courbe III à un condensateur à feuilles paraffinées d'un microfarad, construit par Elliott brothers. Les temps de charge exprimés en minutes sont portés comme abscisses, les résistances apparentes en mégohms comme ordonnées.

De ces courbes on déduit que le condensateur simple (1,0)′ est mieux isolé que le condensateur subdivisé (1,0). Les trois condensateurs, de capacités à peu près égales, présentent à peu près la même résistance apparente (3500 méghoms) après une minute de charge; dans le condensateur d'Elliott, la résistance apparente varie le plus avec la durée de charge; dans un diélectrique parfait, dans un condensateur à air, par exemple, la résistance est évidemment indépendante du temps de charge; on voit donc en partant de ce point, que les condensateurs Berthoud-Borel présentent la plus grande constance dans leurs propriétés électriques.

Les travaux de M. Roïti ont été limités à l'étude des deux points que nous avons mentionnés, l'étalonnage et la résistance des condensateurs.

Le premier a été traité avec beaucoup de soin, et les résultats obtenus offrent évidemment des garanties d'exactitude complète.

La seconde partie du rapport du savant physicien de Florence n'est malheureusement pas aussi complète, à notre avis; car, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer dans le cours de cet article, l'étude d'un condensateur doit aussi porter sur les variations de la capacité avec la force électromotrice de charge et avec la durée de celle-ci, sans compter celles qui proviennent de la température; la connaissance des variations de la résistance apparente ne peut remplacer que dans une faible mesure celle des éléments précités.

De tout ce qui précède, aussi bien des mesures de M. Roïti que de celles qui lui sont antérieures, il résulte donc que l'on est arrivé maintenant à un étalonnage des subdivisions d'un condensateur exact à plus d'un pour cent près; la capacité nominale des étalons ne diffère de leur valeur absolue, que d'une quantité inférieure à deux ou trois pour cent; cette différence est même plus faibles pour les condensateurs livrés par certains constructeurs.

A. Palaz

SUR LES

SYMBOLES DES APPAREILS

ÉLECTRIQUES

DANS LES DIAGRAMMES

Dans le n° 32 de ce journal, M. J. Munro a indiqué dans le tableau, p. 277, quelques symboles soumis à l'appréciation de la commission de la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*, qui s'occupe en ce moment d'en fixer les types. Il me semble que les formes proposées ne satisfont pas toutes à ce qu'on peut en exiger.

Il convient, en premier lieu, que les symboles soient bien distincts les uns des autres, de manière à ce qu'il n'y ait aucune ambiguité, même dans un simple croquis à la plume ou au crayon. Un des principaux avantages de l'emploi de symboles est surtout de pouvoir s'en servir pour ainsi dire comme de l'écriture, sans avoir besoin de dessiner les appareils qu'on veut représenter. Des symboles dont le sens dépend d'une petite différence dans la forme ou la longueur d'un trait, ne peuvent donc pas être employés. Sous ce rapport les formes indiquées dans le tableau, p. 277, pour les *piles* et les *condensateurs*, les *galvanomètres* et les *électromètres* et pour les *électro-aimants* et les *solénoïdes* ne me semblent pas satisfaisantes.

Il est nécessaire que les symboles soient assez détaillés, pour qu'on puisse y indiquer toutes les communications réalisables avec l'appareil, ce qui n'est pas le cas pour la forme indiquée dans le tableau pour le *galvanomètre différentiel*. Par contre, je crois inutile d'avoir plusieurs signes pour des appareils qui ne diffèrent que par des détails de construction, comme les *bobines d'induction* et les *transformateurs*.

Il convient également que la forme du symbole ait quelque rapport avec la construction ou la forme usuelle de l'appareil qu'il s'agit d'indiquer, et qu'il y ait quelque partie analogue dans les symboles qui représentent des appareils analogues.

Dans le tableau suivant, j'ai réuni une série de symboles pour les principaux appareils électriques, en dehors de la télégraphie et de la téléphonie. J'ai ajouté les raisons qui m'ont guidé dans le choix ou la composition de ces signes représentatifs.

Symboles 1 à 9

Autant que possible des lignes droites faciles à tracer ; l'aspect polygonal fait bien ressortir les diverses parties du diagramme.

10 à 13

Les piles primaires sont, en général, constituées par des parties cylindriques, les accumulateurs ont au contraire, en général des électrodes planes dans des boîtes rectangulaires.

Le pôle + est au milieu.

Une pile composée d'un nombre d'éléments variable selon le cas, est représentée par les deux éléments extrêmes joints par une ligne pointillée.

17 à 21 *bis*

Les symbôles de tous les appareils qui servent à faire une mesure au moyen d'une déviation se distinguent par une flèche.

17

Un électromètre est un condensateur à capacité variable, arrangé de façon à permettre de mesurer la charge au moyen de la déviation d'une pièce mobile.

18

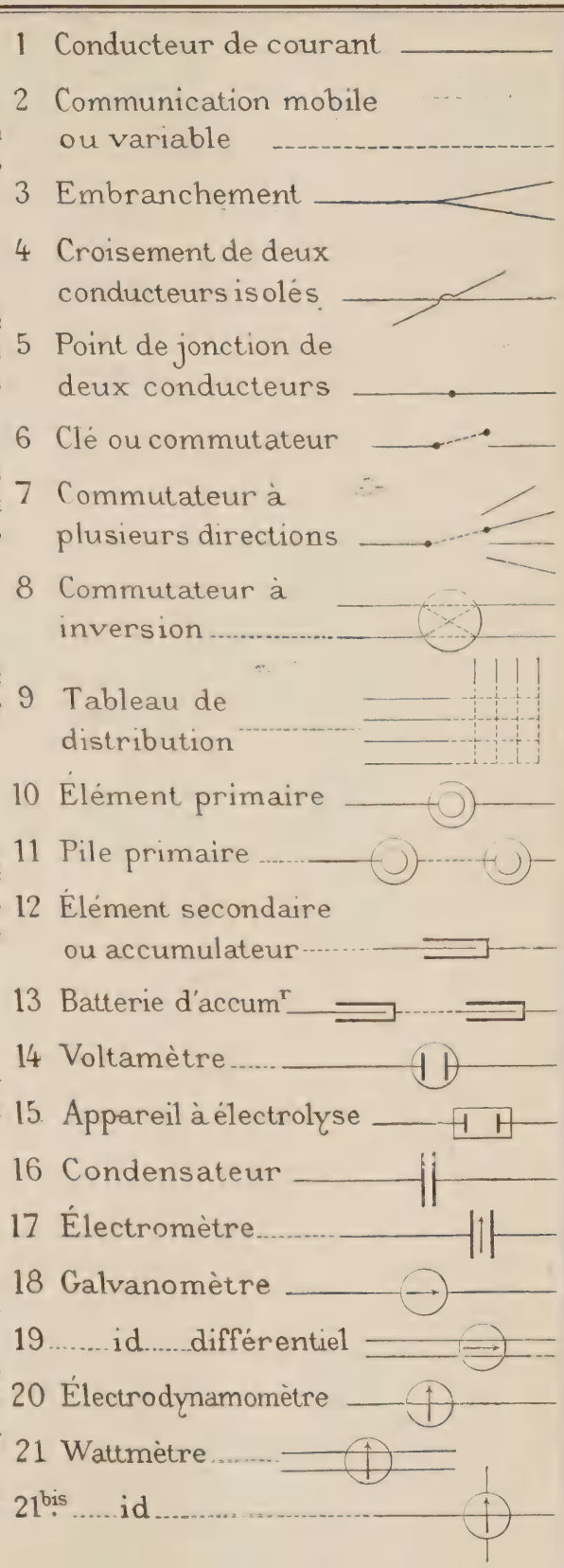
La flèche peut servir à indiquer le sens du courant. On pourra distinguer un ampèremètre d'un voltmètre par l'addition de la lettre A ou V.

20 à 21 *bis*

La flèche est placée ici de façon à ne pas indiquer le sens du courant, puisque l'appareil ne peut pas servir à cela.

On pourrait objecter que le symbole 21 semble représenter par analogie un électrodynamomètre différentiel, mais un tel instrument n'est pas employé, il n'y a donc pas de confusion à craindre.

On pourrait du reste employer le 21 *bis*, mais le premier me semble plus commode.



22 Solénoïde

23 Électro-aimant

24 Bobine d'induction ou transformateur

25 Bobine pour résistance à enroulement bifilaire

Symbole 25

En général, il est inutile d'avoir un symbole spécial pour une résistance; dans les diagrammes des dispositifs de mesures électriques, pont de Wheatstone, par exemple, chaque côté du polygone qui représente le circuit électrique (Voir n° 1) indique une résistance distincte. S'il faut distinguer deux parties d'une ligne droite, alors on emploie le symbole n° 5.

26

26 Boîte de résistances ou rhéostat à bobines bifilaires

On peut aussi se servir de ce symbôle pour tous les cas qui n'exigent pas de bobines bifilaires, mais où leur emploi ne présente pas d'inconvénient. Dans ces cas, on obtiendra donc toujours les résultats indiqués, en employant, comme le diagramme l'indique, des bobines bifilaires; alors on ne doit évidemment pas employer le symbole, mais ce cas se présente rarement.

27

27 Dynamo

27bis ....id.....

On peut indiquer, s'il est nécessaire, au moyen du symbôle n° 23 les divers, arrangements d'électro-aimant soit en série, en dérivation ou à enroulement mixte. Dynamo (générateur) et moteur pourront être distingués par les lettres D et M.

28 et 29

28 Lampe à arc

29.....id.....à incandescence

Comme il y a, en général, beaucoup plus de lampes que d'autres appareils à représenter sur un schéma d'une installation d'éclairage électrique, il est bon d'adopter des symbôles aussi simples que possible pour les lampes.

30

30 Pièce fusible ou coupe-circuit

31 Terre

La pièce fusible ne sert d'ordinaire que comme conducteur du courant; il n'y a donc pas lieu de représenter cette partie du circuit d'une autre manière que le reste et il suffit d'indiquer le point ou pourra se produire une rupture du courant sur le coupe-circuit. Les remarques n°s 28 et 29 s'appliquent mutatis mutandis ici.

E. Menges

A PROPOS DU CHAUFFAGE

A L'AIDE

DU COURANT ÉLECTRIQUE

Dans notre dernier article [1] nous avons développé quelques considérations théoriques relatives à ce mode de chauffage : aujourd'hui nous allons entrer dans le domaine de la pratique et voir comment il faut faire pour la réalisation pratique des données de la théorie.

Nous avons vu, que dans le cas particulier que nous avons choisi, c'est-à-dire lorsque la température intérieure est de 17° au-dessus de la température extérieure, on peut fournir au local 17 fois la chaleur obtenue par la combustion directe de la houille.

Mais, pour entrer dans le domaine de la pratique, il nous faut faire tout d'abord deux remarques :

1° Pour réaliser totalement les économies indiquées par la théorie, il est nécessaire que l'air que l'on échauffe suive, dans ses transformations, un cycle de Carnot ; et nous reviendrons tout à l'heure avec détails sur ce point.

2° Il est indispensable d'injecter dans le local, qu'on désire chauffer, de l'air à une température supérieure à la température qu'on désire maintenir. Par exemple, la température du local devant être de 17° au-dessus de la température ambiante, il est indispensable d'injecter de l'air à une température au-dessus de 17°. On peut admettre une différence de 20°, comme nous l'avons fait dans notre dernier article. La température de l'air doit donc être $17 + 20 = 37°$. Le coefficient économique devient dans ce cas

$$N = \frac{273 + 37}{37} = 8$$

au lieu de 17 ; cette circonstance agit évidemment d'une façon désavantageuse.

Occupons-nous maintenant du cycle des opérations qu'il faut faire subir à l'air pour satisfaire à la fois aux conditions de notre problème et pour réaliser un cycle de Carnot.

Rappelons d'abord, ce qu'on appelle un cycle de Carnot : c'est une transformation telle que le gaz (l'air dans notre cas) revient au point de départ A, après s'être dilaté et contracté en suivant deux genres de courbes : des courbes isothermes et des courbes adiabatiques. Les isothermes A D et B C sont telles, que la relation qui existe entre le volume et la pression suit la loi de Mariotte, c'est-à-dire que la température reste constante.

Pour réaliser une transformation isotherme, on est obligé soit d'enfermer le corps de pompe, dans lequel on comprime ou détend l'air dans de l'eau maintenue à une température invariable et de supposer que les parois se laissent facilement traverser par la chaleur, comme cela arrive pour les parois métalliques, soit d'opérer très lentement de façon que l'air ait toujours le temps de prendre la température ambiante. Ces courbes sont des hyperboles équilatères qui s'éloignent d'autant

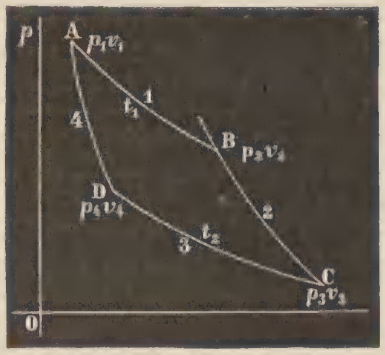


Fig. 1

plus de l'origine O, que la température s'élève.

Les courbes adiabatiques, pour lesquelles les variations de volume et de pression suivent la loi de Laplace, se réalisent pratiquement en enfermant le gaz ou l'air dans un cylindre dont les parois ne se laissent pas traverser par la chaleur.

On arrive au même résultat lorsqu'on opère assez vite pour que la chaleur n'ait pas le temps de se dissiper. Lorsqu'on comprime l'air, il y a augmentation de température et abaissement de température, c'est-à-dire production de froid lorsqu'on détend l'air et nous avons calculé dans le dernier article de combien serait cet abaissement de température.

Voici donc comment on pourrait réaliser, dans le cas qui nous occupe, un cycle de Carnot (fig. 1)

Supposons que p_1 soit la pression atmosphérique, t_1 la température à laquelle on désire chauffer et t_2 la température extérieure.

En A (fig. 1), l'air se trouve à la pression atmosphérique et à la température t_1. On détend

[1] Voir *La Lumière Electrique*, t. XXV, p. 415.

alors l'air jusqu'à ce que la température s'abaisse à la température t_1 ; le volume augmente de v_1 à v_4 et cette transformation correspond à la portion A D de la figure 1.

De D en C, on continue à raréfier l'air, tout en maintenant la température constante à t_1 et pour cela on est obligé de fournir une certaine quantité de chaleur, qu'on évalue d'ailleurs facilement. Cette transformation se fait à la température constante t_1, condition qu'on pourrait réaliser en faisant plonger le cylindre dans de l'eau à o^o.

Puis de C en B l'air se recomprime, sans fournir de la chaleur jusqu'à ce que la température s'élève à t_1.

Finalement, de B en A on comprime l'air à la pression atmosphérique en maintenant la température constante et égale à t_1 ; c'est dans cette phase que l'air dégage de la chaleur prise à la source froide maintenue à o^o.

Ce n'est que dans ces conditions que le principe fondamental dont nous sommes parti, est applicable ; on sait, en effet, que toute transformation qui ne se fait pas suivant le cycle de Carnot donne une moindre économie. Ce qu'il y a, on vient de le voir, de particulier au cycle de Carnot, c'est que la pression varie continuellement.

Est-il possible de réaliser pratiquement ce cycle de Carnot dans le cas qui nous occupe ?

La transformation 3, qui consiste à raréfier l'air à température constante, peut se réaliser à l'aide d'une pompe ; il suffit de renfermer l'air dans un réservoir plongé dans l'eau.

Les autres transformations sont moins faciles à réaliser et nous croyons qu'on ne peut pas y arriver en employant une seule pompe. Nous allons donc considérer un cycle qu'on peut réaliser facilement et qui ne s'éloigne pas trop du cycle de Carnot.

On maintient, à l'aide d'une pompe P, dans un réservoir A, de l'air à une pression p inférieure à la pression atmosphérique p_o et on maintient la température de ce réservoir égale à la température t_o de l'air extérieur, c'est-à-dire qu'on plonge ce réservoir dans de l'eau.

Lorsque le piston monte, la soupape a s'ouvre et b est fermé, et il y a un appel d'air par la soupape c, dont le ressort est réglé de telle façon, qu'il ne s'ouvre que lorsque la différence de pression est supérieure à $p_o - p$.

La partie du cycle parcouru pendant cette transformation correspond à la courbe AB de la figure 3 ; dans cette première partie du cycle, l'air est maintenu à la température t_o, et la courbe AB représente une isotherme.

Puis le piston descend et l'air se comprime jusqu'à la pression extérieure p_o, en suivant une ligne adiabatique de B en C.

Finalement, le piston continuant sa course, l'air est expulsé à une pression très peu supérieure à p_o, et sa température a augmenté de t_o à t_1, température de l'air dans le réservoir B. De là, l'air se rend dans la pièce C, qui figure la pièce dans laquelle il faut maintenir la température

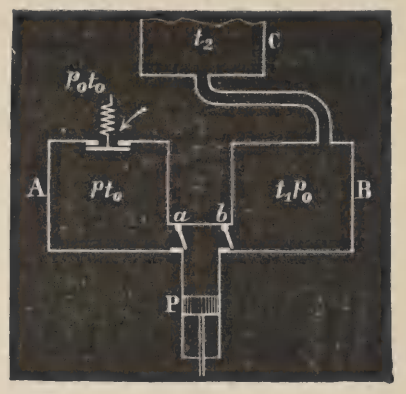


Fig. 2

constante et égale à t_2. Cette transformation se fait donc à la pression constante p_o et elle correspond à la droite CD de la figure 3. Finalement l'air s'en va de la pièce C, dans l'air extérieur dont la température est t_o en restant toujours à la pression constante p_o.

Cette transformation se fait donc encore, suivant une droite, représentée par DA (fig. 3).

Pour déterminer les conditions du problème qui nous occupe, il faut se donner les trois températures t_o, t_1 et t_2, et le nombre de calories qu'il faut fournir par unité de temps, à la pièce que l'on désire chauffer: soit q ce nombre de calories par seconde.

Ce qu'il faut déterminer, c'est d'abord le débit d'air, puis le travail à faire effectuer par la pompe et finalement le rendement économique.

Si l'on représente par π le debit de l'air en kilogrammes par seconde, et par $C = 0,24$ la chaleur spécifique de l'air sous pression constante, on a une première relation

$$q = \pi C (t_1 - t_2)$$

Il faut d'abord évaluer la pression p qui correspond au point B de la figure 3. Pour cela on a

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}$$

Pour évaluer le travail d'aspiration de la pompe, on peut supposer que la différence de pression

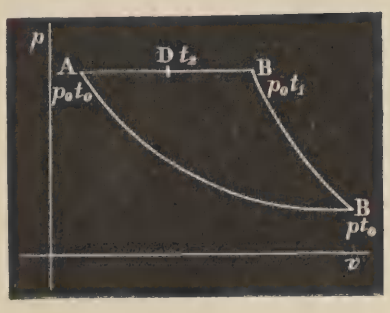


Fig. 3

$p_0 - p$ sur les deux côtés du piston reste la même; on a alors

$$\text{travail} = (p_0 - p)\, v$$

la relation entre v et π étant

$$\pi = 1{,}8\, v$$

Il reste à évaluer le rendement économique, dont on trouve la valeur d'après l'expression

$$\frac{\pi\, C\, E\, (t_1 - t_2)}{\text{travail de la pompe}}$$

E = 425 kilogrammètres étant l'équivalent mécanique de la chaleur.

Appliquons ce calcul à l'exemple dont nous nous sommes déjà occupé. Il s'agissait de fournir à un bâtiment 36000 calories à l'heure, en fournissant $50 \times 60 = 3000$ mètres cubes d'air chauffé à une température de 40° au dessus de la température ambiante. On avait supposé qu'il y avait une perte de 5° dans la conduite, et qu'à l'aide de l'air injecté à 35° on pouvait faire monter à 15° la température à l'intérieur du bâtiment.

On a donc ici

$$t_0 = 0 \qquad t_1 = 40 \qquad t_2 = 15$$

et il faut raréfier l'air jusqu'à la pression p donnée par la formule

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} = \frac{273}{313}$$

On en déduit

$$\frac{p}{p_0} = 0{,}62$$

et

$$p_0 - p = 10330 \times 0{,}38 = 3900 \text{ kilogr.}$$

Comme on a

$$v = 3000 \text{ mètres cubes}$$

on a pour le travail de la pompe par heure

$$3000 \times 3900 = 12000{,}000 \text{ kilogrammètres}$$

ou en chevaux vapeur

$$\frac{12\,000\,000}{3600 \times 75} = 45$$

Quant au rendement, on a

$$\frac{36\,000 \times 425}{12000000} = 1{,}35$$

et l'on voit que, malgré les conditions défectueuses de la réalisation du cycle de Carnot, le rendement est encore supérieur à l'unité.

On voit que dans ce cas la pompe doit avoir une assez grande capacité, puisqu'elle doit pouvoir débiter 3000 mètres cubes d'air à l'heure ou près d'un mètre cube à la seconde.

Le développement de la surface doit également être assez considérable puisque, d'après les conditions du problème, l'air doit être assez longtemps en contact avec les parois du réservoir pour prendre la température ambiante.

En admettant le nombre 23 comme coefficient de transmission à travers une paroi en tôle de fer, dont l'une des surfaces est baignée par l'eau, on devrait développer une surface de $\frac{36000}{23 \times 40} = 40$ mètres environ, au lieu de 13 mètres carrés, lorsqu'on adopte le chauffage à air chaud à l'aide d'un calorifère.

Si le réservoir était enveloppé d'air, il faudrait prendre une surface double, soit 80 mètres carrés. Ces nombres n'ont évidemment rien d'impossible à réaliser pour des bâtiment fixes.

P.-H. Ledeboer

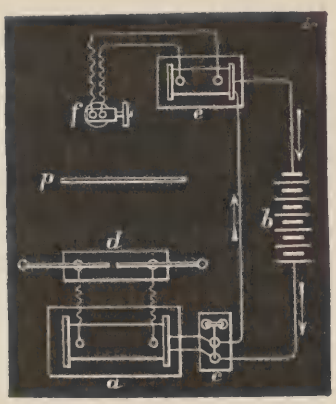
REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Influence de la lumière ultra-violette sur les décharges électriques, par H. Hertz.

M. Hertz vient de publier dans les *Annales de Wiedemann* (vol. XXXI, p. 983), la suite des recherches qu'il a effectuées sur les décharges électriques et dont nous avons déjà parlé dans une revue précédente. Voici en quoi consistent ses nouvelles expériences :

L'appareil employé se compose essentiellement



de deux bobines d'induction *a* et *e* excitées par le courant de 6 à 8 éléments Bunsen ; les courants induits produisent une série d'étincelles A entre des tiges métalliques *d* et d'autres étincelles B entre les sphères d'un micromètre à étincelles de Riess *f*. On règle ce dernier à la distance maxima pour laquelle la décharge se produit, puis on intercale entre *d* et *f* une plaque de verre, de paraffine, d'ébonite ou de métal ; l'étincelle B cesse de se produire, lorsque l'écran *p* est en place, et elle apparaît de nouveau dès qu'on enlève celui-ci.

Le phénomène est plus intense lorsque les micromètres *d* et *f* sont très rapprochés, mais il a encore lieu pour une distance de 2 à 3 mètres.

L'écran n'exerce aucune influence directe, mais il empêche l'action de l'étincelle A que l'on peut considérer comme active, parce qu'elle est plus longue sur l'étincelle B qui est alors plutôt passive. La forme de l'étincelle A n'a aucune influence ; qu'elle soit droite ou en zig-zag, qu'elle éclate entre des pointes ou des sphères, que la coloration soit faible ou prononcée, elle exerce toujours la même action ; chacune de ses parties est active, ainsi qu'on le remarque en la cachant plus ou moins dans un tube de verre.

L'étincelle passive B doit être plutôt courte et il est préférable de la produire entre des électrodes sphériques ; la nature de celles-ci paraît être indifférente.

L'influence des étincelles est réciproque ; mais naturellement, l'intensité du phénomène dépend beaucoup de la forme qu'on donne à l'appareil ; il n'est pas nécessaire qu'elles soient produites par la même source d'électricité et qu'elles soient synchroniques.

En employant plusieurs écrans munis de fentes étroites, et en leur donnant différentes positions, on observe que l'influence de l'étincelle active A se transmet en B directement, sous forme d'un rayonnement, analogue aux radiations lumineuses. Tous les métaux, la paraffine, la cire, l'ébonite, le caoutchouc, les diverses espèces de verre, même sous forme de lames très minces, le bois, le papier, l'ivoire, le mica, la topaze, l'améthiste, arrêtent complètement l'action de l'étincelle A. Le sucre cristallisé, l'alun, le spath d'Irlande, le sel gemme, diminuent un peu l'intensité du phénomène, tandis que le gypse et le cristal de roche, même sous l'épaisseur de plusieurs centimètres, n'exercent pas d'influence appréciable. Les radiations actives de l'étincelle A traversent l'eau ainsi que des couches peu épaisses d'acide sulfurique, d'alcool et d'éther ; elles sont entièrement absorbées par le pétrole et presque toutes les solutions salines. Les gaz, sauf toutefois le gaz d'éclairage, ont tous montré un pouvoir absorbant très faible.

Les radiations actives de l'étincelle A subissent une réflexion à la surface des corps polis et lors de leur passage à travers diverses substances, une réfraction analogue à celle des rayons lumineux, mais plus marquée que pour ceux-ci.

Les observations ci-dessus ne peuvent être expliquées que par une action des rayons ultra-violets émis par l'étincelle A ; les phénomènes observés ne se sont produits que lorsque l'écran interposé n'absorbait point les rayons de cette nature (eau, cristal de roche, etc.), et la réfraction des rayons actifs se trouve être identique à celle des rayons ultra-violets. Les spectres photographiés de l'étincelle A s'arrêtent justement à l'en-

droit où commencent les rayons qui agissent sur B.

M. Hertz a répété les expériences précédentes en remplaçant l'étincelle A par une autre source lumineuse ; il a obtenu des résultats identiques avec la lumière du magnésium, et surtout avec l'arc voltaïque ; il place simplement les deux sphères du micromètre à une distance un peu supérieure à celle pour laquelle l'étincelle passe ; dès qu'une lampe électrique est allumée à une distance de 2 à 5 mètres, l'étincelle se produit et dure tant que la lumière n'est pas supprimée ; aussitôt que cela a lieu, l'étincelle disparaît.

A. P.

Détermination de la conductibilité électrique des métaux à l'aide de la balance de Hughes, par A. Oberbeck et J. Bergmann. (1)

Pour effectuer leurs recherches, MM. Oberbeck et Bergmann ont quelque peu modifié l'appareil de Hughes en lui donnant la forme représentée par la figure. Le courant d'une batterie de quatre à six éléments Bunsen, circule dans les bobines A et B de la balance, ainsi que dans la bobine d'induction *c* ; il est interrompu par le commutateur acoustique U de Bernstein. Celui-ci consiste, comme on sait, en une lame d'acier munie d'une pointe plongeant dans du mercure ; l'étincelle est presque supprimée par l'emploi d'une dérivation de 10 ohms environ.

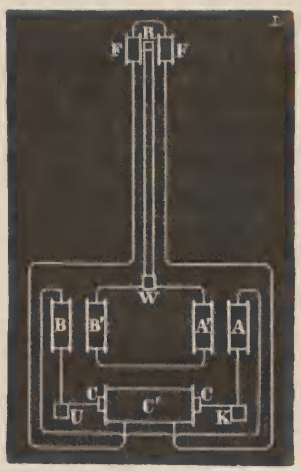
Les courants induits dans les deux autres parties A', B' de la balance d'induction, circulent dans la bobine mobile d'un électro-dynamomètre, tandis que les bobines fixes de cet instrument sont parcourues par les courants secondaires de C. Cette disposition augmente la sensibilité de la balance de Hughes.

Les bobines A et B se composent de gros fil, A' et B' de fil fin, on les place symétriquement de manière que l'électro-dynamomètre reste au zéro, quand la bobine d'induction fonctionne.

Les métaux étudiés avaient la forme de disques de 70 millimètres de diamètre, que l'on plaçait entre A et A'. La compensation s'effectuait en interposant entre B et B' un certain nombre de plaques d'épaisseur variable et de métaux différents qui jouaient, ici, le même rôle que des poids dans la tare d'une balance ordinaire ; des plaques de zinc correspondaient aux poids les plus lourds et des plaques d'étain aux poids légers. La compensation à peu près établie, on notait la déviation de l'électromètre et on effectuait ensuite la même mesure, en permutant le disque de métal et les plaques compensatrices comme dans la méthode des doubles pesées.

Tous les métaux étudiés ont été comparés au mercure auquel on avait donné une forme analogue en le renfermant entre des glaces de verre mastiquées au baume de Canada.

Voici quels sont les résultats obtenus pour des métaux très purs : ils sont mis en regard de ceux



trouvés par MM. Matthiessen et van Bosch, Benoit et H. F. Weber et se rapportent au mercure à 0°.

	Matthiessen et van Bosch	Benoit	H. F. Weber	Oberbeck et Bergmann
Cuivre.....	60,36	55,86	—	54,87
Aluminium..	—	30,86	—	30,17
Magnésium .	—	22,57	—	18,94
Zinc...	17,52	16,92 16,10	16,65	15,93
Cadmium...	14,32	13,96	13,95	13,77
Etain.....	7,56	8,237	9,876	9,045
Plomb.....	5,02	4,819	5,111	4,688
Antimoine...	2,79	—	—	2,459
Bismuth.....	0,75	—	0,8004	0,8205

Lorsque, par cette méthode, on compare des métaux entre eux, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la température, tant que la variation de résistance qu'elle produit est à peu près la même;

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXXI, p. 792.

on doit seulement faire cette correction quand on les compare au mercure.

Cette méthode a le grand avantage d'être rapide et d'employer les corps que l'on étudie sous formes variées, mais elle n'est naturellement pas applicable aux substances magnétiques ou fortement diamagnétiques.

Dans un second mémoire, M. Oberbeck soumet à une analyse mathématique la balance d'induction dont il a fait usage pour les expériences relatées plus haut. Il trouve que la compensation parfaite ne peut pas avoir lieu pour une forme quelconque des plaques métalliques interposées; on doit employer des disques très minces pour obtenir de bons résultats.

Les calculs donnant l'équation du mouvement de la bobine de l'électrodynamomètre ne sont pas possibles dans tous les cas; ils sont relativement simples, lorsque le métal placé entre les bobines de l'appareil a la forme d'une sphère pleine.

A. P.

Méthode pour la mesure des courants intenses, par M. Hummel

La méthode la plus employée pour la mesure des courants intenses, est celle connue sous le le nom de M. Kittler, qui a été employée par la plupart des commissions d'essais d'expositions; elle consiste, comme l'on sait, à shunter un galvanomètre à grande sensibilité, par une résistance extrêmement faible, qui est alors insérée directement dans le circuit.

Cette résistance, qu'il serait difficile de déterminer, reste inconnue, et on gradue directement l'instrument shunté, au voltamètre généralement.

Pour que la méthode donne de bons résultats sur une échelle étendue, il faut évidemment que la loi des déviations du galvanomètre soit connue, et de plus son exactitude varie avec la grandeur du courant ou de la déviation.

M. Hummel, l'ingénieur bien connu de la maison Schuckert, a modifié cette méthode, en en faisant une méthode d'égale déviation.

Pour cela, il suffit d'intercaler (fig 1) dans le circuit du galvanomètre G, une résistance variable r; on étalonne le galvanomètre shunté (par exemple, au moyen d'un ampèremètre étalon A et avec un courant qui donne une bonne déviation, soit α_0), soit I_0 le courant par lequel on a étalonné, et r_0 la résistance en r; pour un cou-

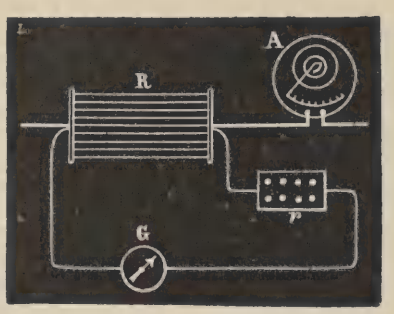


Fig. 1

rant I, on intercale une résistance r, telle qu'on ait une déviation α voisine de α_0.

On a alors évidemment

$$I = \frac{\alpha}{\alpha_0} \frac{r_0 + g}{r + g} I_0$$

La sensibilité de la méthode est constante et son exactitude ne dépend que de celle des résistances r.

Il va sans dire que, pour cette méthode, la résistance R doit être assez faible pour que, avec le courant maximum, elle ne s'échauffe pas sensiblement ; on pourra, par exemple, employer des rubans ou de gros fils de maillechort.

Cetta méthode a été appliquée avec succès, depuis plusieurs années, chez M. Schuckert ; mais, pour les mesures courantes, M. Hummel emploie l'appareil indiqué schématiquement (fig. 2), et

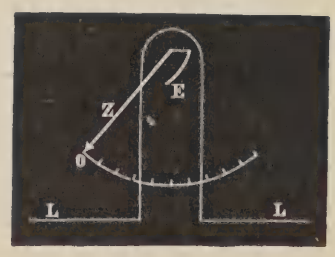


Fig. 2

qui est basé sur l'action d'un conducteur parcouru par un courant sur un pièce de fer doux placée dissymétriquement par rapport au champ magnétique créé. La force électromagnétique est contrebalancée par la gravité.

Le courant passe par une simple boucle L L,

constituée par un ruban de cuivre massif. La pièce de fer E, montée entre pointes, est extrêmement légère (0,12 gr. pour des courants de 500 ampères), et d'après l'auteur serait toujours saturée, mais cette supposition nous parait absolument gratuite.

E. M.

Quelques détails sur le réseau téléphonique de Berlin.

Au cours de l'étude si intéressante sur la téléphonie qu'il publie dans le *Journal Telégraphique* de Berne, M. le Dr Rothen, a été amené à s'occuper du réseau téléphonique de Berlin, dans lequel il critique surtout le grand nombre de stations centrales en usage, ainsi que des commutateurs centraux ordinaires à 50 fiches seulement. M. Oesterreich vient de relever ces critiques dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, en donnant quelques détails sur l'organisation du réseau de cette ville, détails que nous allons résumer rapidement.

Il existe actuellement à Berlin 6262 postes d'abonnés reliés directement aux stations centrales, et le réseau est en communication avec 16 réseaux voisins et 5 réseaux éloignés (Magdebourg, Hanovre, Halle, Stettin et Hambourg). L'augmentation mensuelle du nombre des abonnés est de 120 à 150. Le réseau est actuellement desservi par 8000 fils aériens, 1000 fils en câbles aériens et 1000 fils en câbles souterrains.

Le plan a déjà été conçu en 1885, et on s'occupe actuellement de le réaliser, de construire un certain nombre d'artères souterraines et de les conduire à une distance assez grande de la station centrale sur les toits des maisons, à partir desquelles la ligne deviendra aérienne.

Les quatre bureaux centraux de Berlin seront alors munis de commutateurs multiples pour 4000 à 5000 abonnés. On aura bien ici des stations centrales suffisamment étendues, on en aura tous les inconvénients mais, par contre, les avantages énormes qui résultent d'une concentration complète seront en partie annullés.

Lorsque la transformation du réseau sera complètement achevée, nous aurons sans doute l'occasion de revenir sur son installation et nous ne manquerons pas de tenir nos lecteurs au courant de cette question.

A. P.

Le microphone universel Berliner

Le microphone ordinaire Berliner est bien connu de chacun ; le constructeur l'a modifié dernièrement pour l'adapter surtout aux besoins

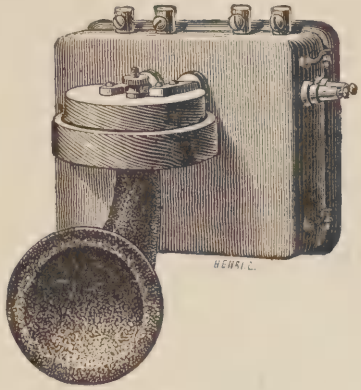


Fig. 1

de la téléphonie à grande distance et lui a donné la disposition que montrent les figures 1 et 2.

Sur la boîte en bois B se place un anneau en laiton sur lequel repose la membrane D, le tout étant pressé suffisamment à l'aide du couvercle B' ; l'électrode de charbon C est fixée au fond de de la boîte B à l'aide de la vis L qui sert en même temps de borne d'entrée du courant.

Les vibrations de la membrane sont un peu

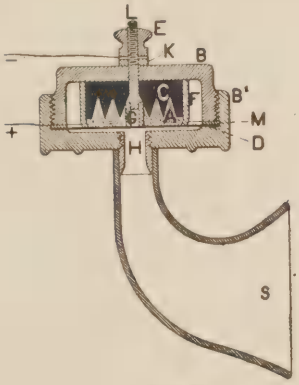


Fig 2

amorties à l'aide du bout de tuyau en caoutchouc D placé entre celle-là et la vis L. Entre la membrane et le bloc de charbon C dont la figure donne la forme se trouve du charbon en grains A ; une enveloppe en feutre F maintient ce poussier de charbon en place. L'embouchure S est fixée à la boîte en H.

Le contact microphonique a donc lieu entre le charbon en poudre et le bloc A ; les résultats obtenu avec ce microphone sur nombre de lignes téléphoniques en Allemagne et en Autriche entre autres sont très satisfaisants.

A. P.

Les chemins de fer électriques

Nous avons donné, il n'y a pas longtemps, une revue statistique des stations centrales d'éclairage électrique en Europe, d'après M. Killingworth Hedges ; M. Reckenzaun, le spécialiste anglais bien connu, a fait un travail analogue pour les tramways électriques, dans une conférence à la *Society of Arts* de Londres ce printemps, et depuis, ces chiffres ont été étendus aux États-Unis par M. Comerford Martin.

Nous les donnerons ici, en les accompagnant de quelques commentaires tirés de la conférence de M. Reckenzaun ; pour les lignes américaines, il n'existe pas de renseignemeets condensés, on trouvera quelques données sur quelques-unes de ces lignes : Denver, Boston, Los Angéles, etc., dans nos correspondances américaines.

Nous ajouterons également les noms de quelques lignes non encore finies au moment où les auteurs écrivaient, en souhaitant que ces données statistiques soient bien vite faussées par la construction de nouvelles lignes.

Tramways et chemins de fer électriques en Europe (tableau I)

La ligne de Lichterfeld-Berlin constitue un véritable tramway électrique, la ligne étant, en grande partie, posée sur la voie publique ; les rails fixés sur traverses à la manière ordinaire, sont reliés entre eux par des boucles en cuivre ; la force électromotrice du courant n'est que de 90 à 100 volts.

La station comprend deux dynamos Siemens;

TABLEAU I

Tramways et Chemins de fer électriques en Europe. (Avril 1887)

Localités	Lichterfel-Berlin 1881.	Brighton 1883	Mœdling-Hinterbruehl 1884.	Francfort-Offenbach 1884.	Zaukerode (mine) 1882	Hohenzollern 1884.	Portrush 1883.	Bessbrook 1886	Blackpool 1884	Bruxelles 1887.	Hambourg 1886.
Longueur...	2,4 klm.	1,6 klm. (simple voie).	4,5 klm. (simple voie).	6,6 klm. (double voie).	719 mèt. (double voie).	746 mèt. (double voie).	9,6 klm. (simple voie).	4,8k.l.m. (simple voie).	3,2 klm. (simple et double).	...	...
Moteurs et voitures avec moteurs.	2	2	12	14	1 locom. 16 voitures.	1 locom. 16 voitures.	4	8	10	5	2
Voyageurs transportés.....	100.000 par an	1 million total.	340.000 par an	990.000 par an.	...	..	Plus de 100.000 jusqu'en 1885	300.000 par an	Plus d'un million total	...	...
Marchandises.....	...	...	...	...	300 ton. par jour.	300 ton. par jour.	...	30.000 tonnes par an	...	...	...
Total des frais d'exploitation...	...	12 centimes par klm. et par voit.	21,3 cent par klm. et par voiture.	24 cent., par klm. et par voiture.	8 cent., par tonne	5 cent. par tonne	15,6 cent. par klm. et par voiture.	25 cent. par train et par klm.	Environ 25 cent. par klm. et par voiture.	...	...
Distance parcourue (klm. par voitures et par an)..	...	75120	145600	467600	660 voit. par jour.	600 voit. par jour.	...	96000 train-kilomètres par an.	...	...	...
Système des conducteurs.	Rails ordinaires.	Rails ordinaires.	aérien.	aérien.	aérien.	aérien.	Rail central.	Rail central.	Canalisation.	Par Accumulateurs.	Par Accumulateurs.
Force motrice à la station	Machine à vapeur	Machine à gaz.	Machine à vapeur.	...	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Force-hydraulique.	Force hydraulique.	Machine à vapeur.	...	...

la seconde ne sert que lorsqu'il y a deux voitures en service. Chaque voiture fait 24 voyages par jour.

La transmission du mouvement et la réduction de vitesse du moteur à celle des essieux, se fait différemment dans les voitures ; dans l'une, un câble formé d'une hélice en acier très raide, passe un grand nombre de fois de la petite poulie du moteur, alternativement aux deux poulies fixées aux essieux ; dans l'autre, la transmission qui se fait par chaîne de Vaucanson est moins bonne.

La ligne de Brighton est tout à fait semblable,

TABLEAU II

Tramways et chemins de fer électriaues aux Etats-Unis

Localités...	Baltimore 1885.	Los Angeles 1887	Port Huron 1885-86	Windsor 1885	Detroit 1886.	Dix Road Detroit 1886.	Appleton 1886	Scranton 1886	Denver 1886.	Montgomery 1885-86	Orange 1887.	Boston 1887.
Longueur..	3,2 klm. (simple voie).	4,8 klm. Simple et double voie)	6,4 klm. (simple voie).	3,2 klm. (simple voie).	5,1 klm. (simple voie).	2,8 klm. (simple voie).	7,2 klm. (simple et double voie)	5,2 klm. (simple voie).	5,6 klm. (simple et doub. voie).	17,6 klm (simple et doub. voie).	0,8 klm de construit.	(Raffinerie de sucre).
Moteurs et voitures avec moteurs.....	6	8	8	2	2	4	8	3	7	18 (2 pendant un an).	1	1 locom. 3 voitures.
Voyageurs transportés par an.....	260.000	200.000	275.000	200.000	200.000	300.000	400.000	300.000	500.000	1.000.000	....	....
Dépenses de l'exploitation.....	20 fr. par voit. et par jour.	....	....	20 fr. par jour pour le courant	4 fr. par jour pour combustible.	....	Salaire d'un homme force hydraulique de la Cie	45 fr. par jour	7,50 fr. par jour pour combustible.	50 o/o de moins que la traction par chevaux	....	....
Kilomètres parcourus par voiture.	117klm. par moteur et par jour	....	....	102 klm. par voit. et par jour.	Voiture de 30 pl. pendant 13 heures à 24 klm. àl'heure	De 6 h. du mat. jusqu'à 11 h. du soir.	17 h. par jour.	136klm. par voit. et par jour.	....	....	....	....
Système des conducte s	Troisième rail et fils aériens.	Fils aériens	Conducteur aérien simple.	Conducteur aérien simple.	Rail central souterrain.	Conducteur aérien double.	Double fil aérien.	Fils aérien.	Canalisation pour système en série.	Conducteur aérien.	Conducteur aérien.	Conducteur aérien.
Force motrice à la station.....	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Machine à vapeur	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Turbine.	Machine à vapeur	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Machine à vapeur.	Station de lumière électrique.

mais la force électromotrice est plus élevée, 160 volts, l'intensité du courant étant de 20 ampères pour une voiture.

La transmission se fait au moyen de courroies en cuir à chaînons d'acier, et d'un contre-arbre.

Le système des conducteurs aériens, de MM. Siemens et Halske, jouit encore d'une certaine faveur ; à ce système appartiennent les lignes de Moedling près Vienne, de Frankfort, des mines de Zukerode et de Hohenzollern-Grube près Beuthen ; il a à son actif l'isolation aussi parfaite que possible, aussi dans la première de ces lignes emploie-t-on un potentiel de 500 volts ; les conducteurs sont formés de tubes fendus, dans lesquels circule le chariot de contact.

La transmission sur les voitures se fait par engrenage ordinaire, formé d'un pignon, d'une roue montée sur un contre-arbre et de la roue calée sur l'essieu moteur.

La ligne de Franzkfort-Offenbach est presque

identique ; et ici, comme dans la précédente, l'emploi des engrenages droits ne paraît pas très heureux.

Dans les deux autres lignes de ce système, les conducteurs sont formés par des fers en forme de T renversé; à Hohenzollern, la transmission se fait par deux paires de roues d'angle, un pignon et deux roues droites.

La ligne de Portush, dont le conducteur est constitué par un troisième rail central, a l'honneur d'être la plus longue de l'Ancien-Monde ; elle est bien connue de nos lecteurs, nous dirons seulement que la transmission se fait par chaîne de Vaucanson, comme dans celle de Bessbrook.

A Blackpool, nous avons un conducteur souterrain placé dans un conduit à rainure, pour le passage du collecteur ; potentiel 220 volts. Enfin, les deux dernières lignes, de Hambourg et de Bruxelles, par accumulateurs sont présentes à l'esprit de tous nos lecteurs.

Pour compléter la liste donnée par M. Reckenzaun, on pourrait ajouter, à notre connaissance, une ligne à Strattford près de Londres, exploitée au moyen de voitures à accumulateurs de M. Ellieson ; si nous ne nous trompons, elle doit être prolongée jusqu'à Londres, mais on attend une décision du Parlement.

A Munich, nous avons également une petite ligne, à voie ordinaire, et enfin en Suisse, la ligne Vevey-Montreux avec conducteurs aériens, a déjà été essayée et doit être ouverte au mois de novembre, et la ligne du Salève, près Genève, est en pleine exploitation.

II. — Tramways électriques aux États-Unis

Nous donnons ci-dessus, telle qu'elle a été dressée par M. Comerford Martin, la liste des lignes américaines.

Pour la compléter, il faudrait y ajouter les lignes suivantes en construction :

Pittsburg, 3 lignes ; Kansas City, los Angeles, Binghamton, une ligne de 7 kilomètres et 8 voitures avec moteurs ; Lima (Ohio), 5 kilomètres, 6 voitures ; San Diégo, 16 kilomètres, 4 voitures avec moteurs de 40 chevaux ; Ausonia, 6 kilomètres ; New-York (Fulton Street), Saint-Joseph, 20 voitures ; Mansfield, Harrisburg, Woonsocket.

On peut ajouter que de nombreux essais sont tentés sur les chemins de fer aériens de New-York, pour la substitution partielle de l'électricité à la vapeur.

Comme on le voit, cette branche de l'électrotechnique, si elle n'a pas suivi le même développement que l'éclairage, par exemple, a pris déjà une certaine importance ; si on peut encore douter du succès des grandes lignes, on peut s'étonner par contre que les tramways électriques n'aient pas été essayés plus souvent sur les petites lignes de luxe, où la nouveauté est un succès de plus.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Nouvelles formes de microphones. — Tous ceux qui ont réglé des microphones savent

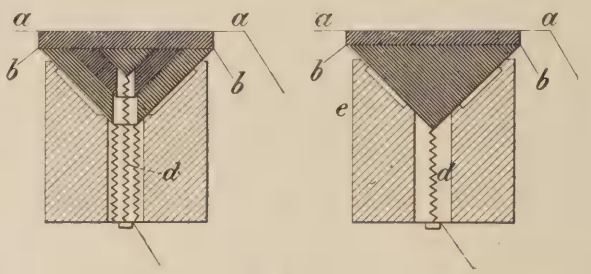


Fig. 1 et 2

combien on est souvent gêné par des bruits grasseyants, qui rendent la conversation difficile et désagréable. MM. Siemens et Halske ont breveté un nouveau dispositif de microphone avec lequel ils prétendent éviter cet inconvénient.

Le charbon qui est en relation avec la membrane vibrante qui, dans ce cas, consiste en une plaque de charbon, est en forme de coin et repose sur deux plans inclinés ; il appuie toujours avec la même pression contre la membrane (fig. 1). Les plans inclinés eux-mêmes peuvent aussi être également en charbon, mais en général ils sont en métal, ou en matière non conductrice polissable (comme, par exemple, en verre ou en porcelaine. Le charbon inférieur est intercalé dans le circuit à l'aide d'un conducteur métallique, qui ne doit pas avoir une trop forte tension, par exemple, au moyen d'un ressort à boudin en fil de cuivre fin.

La surface de contact entre le coin et la plaque de charbon peut être soit plane, soit cannelée, comme c'est indiqué figure 4.

Dans les figures 1 à 3, *a a* est une membrane de microphone ordinaire, sur laquelle est fixée la plaque *b b*. Le second charbon a la forme d'un cône rectangulaire (fig. 4), dont la pointe est reliée avec la spirale en fil de cuivre *d*.

Si maintenant la membrane vibrante est placée verticalement, le cône de charbon glisse et appuie avec une pression constante contre la plaque de charbon fixée sur la membrane.

Au lieu d'un seul cône de charbon, on peut en employer plusieurs, en les emboîtant l'un dans l'autre; et, de cette manière, on peut modifier le

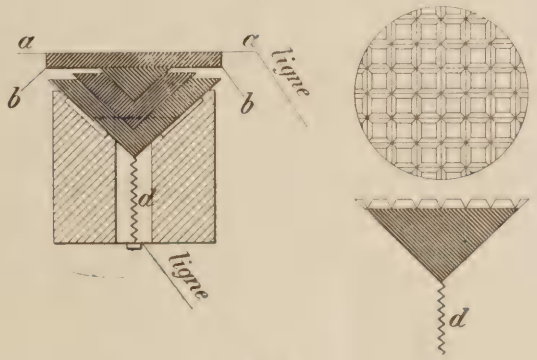


Fig. 3 et 4

nombre de contacts groupés soit en quantité (fig. 2), soit en série (fig. 3).

La lumière électrique a Berlin. — Pendant la clôture d'été l'*Opéra Royal*, à Berlin, a reçu une installation d'éclairage électrique des plus complètes.

Dans ce théâtre, jusqu'à présent, la rampe et la première coulisse seulement étaient éclairées à l'électricité ; actuellement il y a partout des lampes à incandescence, sur la scène, dans la salle, aux foyers, dans les loges des artistes, les bureaux, les corridors, etc. Le courant est fourni par la station centrale de la Société *Staedtische Elektricitaets-werke* dans la Markgrafen Strasse; les conducteurs comprennent huit câbles d'une section transversale totale de 4800 millimètres, et l'installation complète consomme une force de 565 chevaux; elle comprend 3870 lampes à incandescence et 3 lampes à arc.

Les lampes à incandescence sont de puissances très variées ; il y a :

2124	lampes à	16	bougies normales
252	—	25	—
1374	—	32	—
120	—	50	—

L'installation entière représente 90 400 bougies normales ; l'éclairage est donc beaucoup plus brillant que celui de n'importe quel théâtre d'Allemagne ou d'Autriche, éclairé à la lumière électrique.

Le Théâtre Royal de Stuttgard possède une installation de 8 000 bougies normales, celui de Munich 13 568, le Théâtre National de Prague 25 408, la Comédie Royale à Berlin 53 000. Pour le nouveau théâtre de la *Hofburg* à Vienne, on a projeté une installation de 48 000 bougies, et pour l'Opéra Impérial de la même ville, une installation de 64 000 bougies.

A l'Opéra de Berlin, le courant électrique ne sert pas seulement à l'éclairage ; il sert à chauffer l'eau dans les cabinets de toilette, à réchauffer les fers à friser, etc., etc. ; il a pris partout la place du gaz.

En divisant l'éclairage de la scène en trois réseaux distincts, on peut produire à volonté un éclairage d'une coloration variée ; on peut jeter sur la scène une lumière blanche, verte ou rouge, ou bien on peut mélanger d'une façon convenable ces trois couleurs.

Dans un petit compartiment se trouve le régulateur pour l'éclairage de la scène, au moyen duquel on opère les gradations de clarté et les changements soudains, comme, par exemple, une lumière vive et momentanée pour les effets d'éclairs.

Sur la scène, pour la machinerie, on a remplacé quelques signaux acoustiques par des signaux optiques ; par exemple, les signaux pour la manœuvre du rideau sont donnés par les alternatives de deux lampes blanches et rouges.

L'installation entière, qui comprend divers perfectionnements et améliorations dans le service, etc., a été faite sous la direction de l'inspecteur en chef, M. Brand ; le régulateur, qui est d'une construction extrêmement ingénieuse, et que je me propose de décrire en détail prochainement, est dû à M. Goertz, l'ingénieur de la *Saetdtische Elektricitaets Werke.*

Il est hors de doute que l'exemple donné par

es deux théâtres Royaux à Berlin sera suivi plus ou moins prochainement par tous les autres théâtres d'une certaine importance, en Allemagne. Déjà des installations électriques sont en cours d'achèvement dans les théâtres de Magdebourg et de Darmstadt, les théâtres Friedrich Wilhelm et de la Résidence à Berlin ; le théâtre de Richard Wagner à Bayreuth et plusieurs autres sont en négociation avec l'*Elektricitaets Gesellschaft*, (ancienne compagnie Edison).

Il paraît que celle-ci a l'intention d'établir à Vienne une station centrale. MM. Siemens et Halske sont déjà en possession de la concession, et ont offert à la Compagnie une exploitation commune, suivant l'accord survenu entre les deux maisons.

En ce qui concerne l'éclairage électrique projeté pour le boulevard *Unter den Linden*, les autorités municipales n'ont pas encore pris de détermination ; avant de se décider, elles ont invité le professeur Hagen à leur fournir un rapport sur le projet. Il est certain que le rapport sera entièrement favorable à l'électricité, et on peut espérer que cette partie fashionnable de Berlin sera désormais éclairée d'une manière convenable.

La Compagnie *Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft* se propose de réunir par câbles ses deux stations dans la Mauer et la Martgkgrafen strasse.

Pendant le jour, l'une des stations seulement fournirait le courant aux consommateurs.

Pour le moment, cette réunion ne sera faite qu'à titre d'expérience ; elle sera rendue définitive si les résultats sont satisfaisants.

H. Michaelis

Autriche

Un nouveau système de réglage pour les horloges. — Le système *Osmaghi* appartient à la catégorie d'horloges électriques dans lesquelles le courant électrique ne sert pas directement à indiquer l'heure mais seulement à contrôler et régler automatiquement un grand nombre d'horloges indépendantes compris dans un même réseau. L'invention n'est donc pas un système d'horloges électriques dans le sens exact du mot, mais une disposition de réglage d'un grand nombre d'horloges ordinaires de n'importe quelle construction, marchant indépendamment et mises à l'heure à des intervalles déterminés au moyen du courant électrique, c'est-à-dire réglées d'après une horloge normale exacte.

Le mécanisme du système de M. Osmaghi se compose des appareils suivants :

1° Un dispositif électrique pour maintenir le synchronisme entre une horloge normale primaire et une autre secondaire dont la première est installée dans un observatoire et l'autre dans un bâtiment public.

Les deux horloges sont reliées électriquement et les oscillations du pendule de l'horloge secondaire sont maintenues synchrones avec celles de l'horloge primaire au moyen du courant électrique ;

2° Un mécanisme distributeur relié à l'horloge secondaire pour pouvoir répartir les horloges à régler sur autant de circuits qu'on le désire ;

3° Un déclenchement qui à des intervalles déterminés fait intervenir l'inducteur magnétique qui fournit le courant ;

4° Un inducteur magnétique actionné par un moteur quelconque, et disposé de manière à pouvoir être déclenché et arrêté ;

5° Un mécanisme pour déplacer les aiguilles des horloges à régler.

La figure 1 représente un schéma de tout le système. En I est le pendule de l'horloge primaire qui est représentée séparément pour plus de clarté. Le pendule de l'horloge secondaire et ses accessoires sont également et par la même raison séparés de la boîte en II.

Ces deux pendules sont synchrones. Celui de l'horloge primaire est muni d'un dispositif qui ferme le contact en *c* quand le pendule se trouve au milieu d'une oscillation, c'est-à-dire vertical et qui rompt le contact dès que le pendule occupe une autre position.

Le pendule de l'horloge secondaire est aussi relié à un interrupteur, de sorte que le contact en h_1 est interrompu quand le pendule est dans la position verticale et fermé pour toutes les autres positions.

Les deux contacts h_1 et *c* se trouvent dans le circuit de la pile b_1 qui passe par les deux pendules, le commutateur U et les terres E_1 et E_2, (b_1 25, S_2, le contact h_1 *l*, le contact *c*, le levier *h*, *c* c_1, 11, 2, 3, E_2, E_1, 24). La bobine S_2 est fixe et traversée par une tige en fer fixée par un cadre à la tige du pendule II.

Comme on le sait, le courant qui traversera la bobine S_2 aura pour effet d'attirer le milieu

de la tige de fer vers la bobine, et cette attraction donne lieu à une accélération du pendule si le courant se produit au moment où le pendule s'approche de la verticale, et à une retardation si le courant passe au moment ou le pendule s'en éloigne.

Mais, il ne peut passer un courant dans la bobine S_2, que quand les deux contacts c et h sont rétablis, et, d'après ce que nous avons dit, cela n'a lieu que si les oscillations des deux pendules ne sont pas synchrones, et le courant tend toujours à rétablir le synchronisme.

On voit donc que le courant ne se produit pas à des intervalles réguliers, mais seulement au moment voulu pour rétablir le synchronisme entre les oscillations des deux pendules ; il est encore évident qu'on peut mettre plusieurs pendules secondaires en dérivation, avec un seul pendule primaire en ayant une seule pile pour l'horloge primaire ou bien une pile séparée pour chaque pendule secondaire

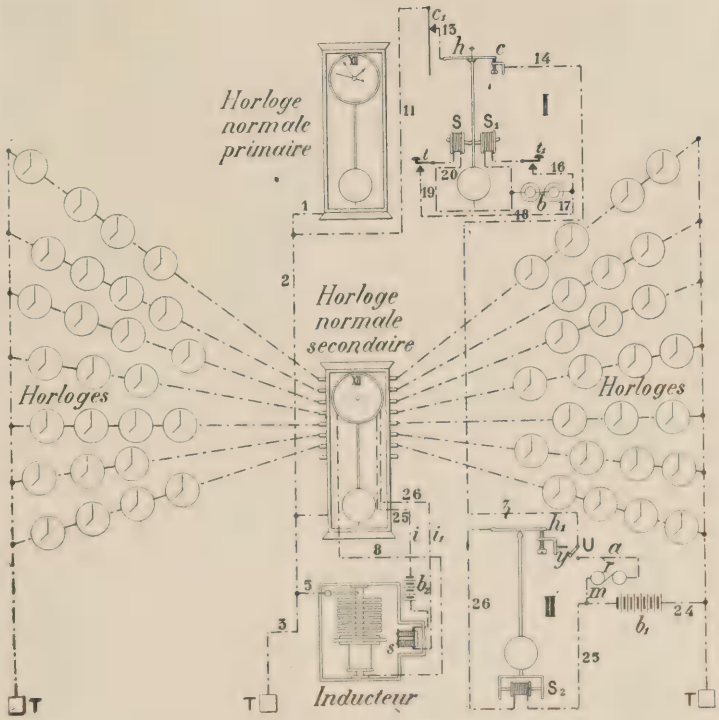
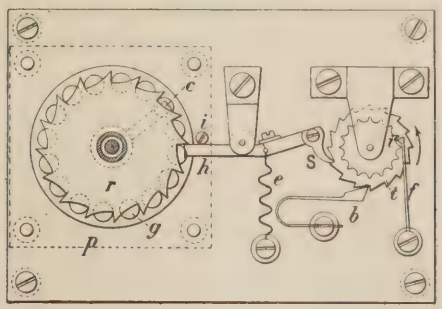


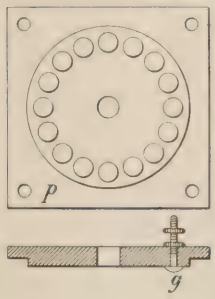
Fig. 1

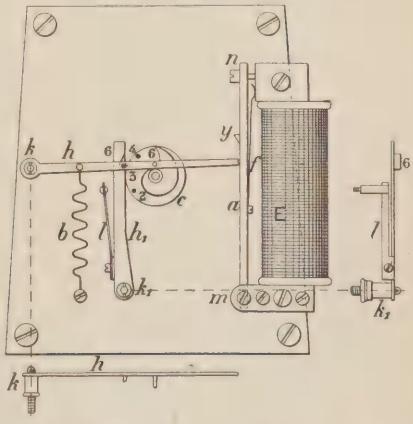
Pour pouvoir contrôler l'exactitude des secondes aux deux horloges il faut avoir un dispositif permettant de constater et de déterminer une différence possible. On se sert, à cet effet, de l'interruption en c_1, dans le fil de terre de l'horloge primaire et du commutateur U dans l'horloge secondaire ; ce dernier permet de sortir l'horloge du circuit et d'y intercaler l'appareil enregistreur r.

Quand cet appareil est intercalé il est traversé par un courant chaque fois que le pendule de l'horloge primaire passe par la position médiane, et il en résulte une indication de seconde, car, ce pendule se trouve dans cette position lorsque le contact en c_1 est fermé.

Fig. 2, 3 et 4







Au moyen d'un dispositif spécial de l'horloge normale primaire, le contact en c_1 est ouvert chaque foisque l'aiguille des secondes de cette horloge arrive à o seconde et l'appareil enregistreur ne donne alors aucun signal parce que bien que le contact en c soit fermé à ce moment, il est ouvert en c_1.

La suppression du signal de l'enregistreur à

l'horloge secondaire indique donc que l'aiguille des secondes de l'horloge à l'observatoire a dépassé à ce moment le point zéro et l'on reconnaît le synchronisme des deux horloges par ce fait que l'horloge secondaire indique la première seconde quand le premier signal paraît de nouveau après la pause sur l'appareil enregistreur.

La correction de l'horloge primaire installée dans un observatoire astronomiques se fait également au moyen de l'électricité.

A cet effet, on se sert des bobines S, S_1 en dérivation sur la pile *b*, et entre lesquelles une tige de fer fixée au pendule oscille librement. Au moyen de ces bobines les oscillations du pendule peuvent être accellérées ou retardées de la même manière que pour l'horloge secondaire.

Puisque les deux effets peuvent être produits avec chacune des deux bobines, une seule suffirait, mais l'effet ne se produirait dans ce cas qu'une seule fois pour deux oscillations, tandis qu'avec les deux bobines on a l'avantage de pouvoir produire les effets d'accélération et de retardation dans chaque oscillation, de sorte que le réglage se fait plus vite.

Sous l'horloge secondaire sur la figure 1, on voit le schéma de l'inducteur magnétique qui fournit le courant pour le réglage commandé par la deuxième horloge normale. L'inducteur est pourvu d'un commutateur pour le redressement des courants et l'armature tourne au moyen d'un mouvement d'horlogerie actionné par un poids.

Le rouage est arrêté par un cliquet après chaque déclanchement, après un nombre déterminé de tours de l'armature. Le déclanchement se fait au moyen de l'électro-aimant *s*, qui attire son armature et le levier d'arrêt, dès que le circuit de la pile b_2 est fermé.

L'un des balais de l'inducteur magnétique est relié à la terre en E_2, tandis que l'autre communique par le fil 8 avec le mécanisme distributeur de l'horloge secondaire. Une des extrémités de chaque ligne communique avec le mécanisme distributeur, l'autre est reliée à la ligne de terre E.

Le mécanisme distributeur qui sera décrit plus loin est disposé de sorte que le courant de réglage ne passe jamais deux fois de suite sur la même ligne; il suit ce chemin : l'inducteur magnétique, le contact du mécanisme distributeur, l'horloge normale, la ligne d'horloges, la terre E ou E_1.

Les fig. 2 et 3 montrent le mécanisme dedéclanchement et de distribution à l'horloge secondaire.

La roue *r* à 16 dents est fixée sur l'axe de la roue des minutes de l'horloge normale. Les dents de cette roue actionnent le bras *h* d'un levier coudé, dont l'autre bras porte un rochet S. Un ressort *e* appuie le levier contre la tige *i*. Le rochet actionne les dents d'une roue également à 16 dents *t*, à cliquet *b*.

A chaque mouvement d'une dent de la roue *t*, une dent de la roue *i*, montée sur le même axe, touche le ressort de contact *f*.

La rotation de la roue *r* qui, comme nous l'avons dit, correspond à celle des minutes, abaisse le bras *h* et par suite fait avancer chaque fois d'une dent la roue à rochet *t*.

Pendant ce mouvement, un contact a eu lieu entre le ressort *f* et la roue *i*.

Comme *f* communique avec l'un des pôles de la pile b_2 (fig. 1) dont l'autre pôle est relié à la roue *i*, à travers l'électro-aimant S de l'inducteur, chaque mouvement en avant d'une dent de la roue *t* déclanche l'inducteur magnétique. La roue *r* faisant un tour en 12 heures, et si *r* et *t* ont chacun 16 dents, il y aura 16 déclanchements en 12 heures et il s'écoulera toujours, entre deux déclanchements successifs, un laps de temps de $12{,}60/16 = 45$ minutes.

Un ressort de contact *e* est fixé au-dessous de la roue *r* et tourne avec celle-ci une fois en 12 heures. Un disque P en ébonite, fixe et concentrique à la roue *r*, porte 16 contacts métalliques *g*, isolés les uns des autres et reliés respectivement aux 16 circuits des horloges.

Chaque fois que le ressort *c* touche un contact *g*, l'inducteur est en même temps déclanché ; un de ses pôles va au ressort *c*, tandis que l'autre va à la terre où viennent également aboutir les lignes partant des tiges de contact *g*.

Il en résulte que, toutes les 45 minutes, un courant passe à travers les contacts *c*, *g*, du mécanisme distributeur et, par conséquent, une fois toutes les 12 heures, un courant passe à travers chaque ligne d'horloge et effectue le réglage exact de toutes les horloges, au moyen du dispositif de coïncidence représenté figure 4.

Sur l'axe des minutes des horloges à spiral ou à pendule qui doivent être réglées, est fixé le disque *e*, qui porte trois pointes de métal 1 et 2, et une came en spirale *i* qui actionne, au moyen d'une petite goupille, le levier *h*, articulé en *k*.

Ce levier porte une autre goupille, qui vient appuyer dans une encoche du levier h_1.

Si le levier h_1 est déplacé à droite, il presse avec son bord contre les tiges 4 et 2 du disque *c* et place ainsi l'aiguille des minutes dans une position déterminée.

Sur la monture de l'horloge est fixé l'électro-aimant E, dont l'armature *a* pivote en *m*; elle porte en *n* une vis d'arrêt, en *f* un ressort et sur le dos, le nez *y*.

Si donc, la came *i* tourne dans le sens des aiguilles, il soulève le levier *h* assez haut pour que son extrémité se place dans le nez *y*; par le glissement de la goupille 3 sur la surface du plan incliné *b*, *h* est déplacé à gauche jusqu'à ce que la tige 3 se trouve au-dessus du plan incliné.

Si l'armature de l'électro-aimant est attirée, le nez *y* abandonne le levier *h*, la tige 3 glisse sur la surface du plan incliné et pousse le levier *h*, à droite contre la tige 4 et 2, ce qui produit le réglage de l'aiguille des minutes.

Ce réglage se fait maintenant comme suit :

Supposons que le ressort de contact du distributeur se trouve à midi sur le premier des 16 contacts *g*; dans ce cas, la roue *r* a également abaissé et libéré le levier *h* (fig. 2), ce qui a établi un contact au ressort *f*, et déclanché l'inducteur magnétique. Le courant produit trouve un circuit fermé par le point de contact du ressort *c* avec la tige *g*, et traverse alors la ligne 1.

Pendant les 12 heures qui viennent de s'écouler, toutes les horloges sur la ligne n° 1 ont soulevé le levier *h* (fig. 4) qui se trouve, dans toutes les horloges sur le nez *y* et la tige 3 sur le plan incliné.

Si les aimants E (fig. 4) sont excités, l'armature est attirée, le levier *h* tombe, et le levier h_1 est pressé fortement contre les tiges 4 et 2.

Les aiguilles des minutes de toutes les horloge, en circuit, qu'elles soient en avance ou en retard, sont immédiatement mises sur midi. J. Kareis

BIBLIOGRAPHIE

La galvanoplastie (le nickelage, l'argenture et l'électrométallurgie), par M. E. Bouant. — Paris, J.-B. Baillère et fils.

Ce petit livre nous arrive en pleine vacances, et comme l'auteur a su, dans son exposition des applications de l'électrolyse, mêler l'utile à l'agréable, nous l'avons lu avec plaisir.

Cet ouvrage n'a pas les prétentions d'un traité, loin de là; on voit que l'auteur est un amateur qui nous parle de *choses vues* et qu'il s'étendra naturelllement avec plus de complaisance sur la préparation d'un bain ou le moulage d'un objet à reproduire que sur les opérations de l'électro-métallurgie.

M. Bouant ayant à traiter des dépôts galvaniques des métaux, divise son sujet en trois parties la galvanoplastie, au sens restreint du mot, qu comprend tous les procédés ayant pour but de reproduire, par le dépôt galvanique, la forme d'un objet donné, par l'intermédiaire d'un moule.

La seconde partie, auquel l'auteur applique le nom d'électrochimie, comprend, au contraire, le revêtement par une couche mince de métal d'un objet d'un autre métal, pour en augmenter la valeur, ou le rendre inaltérable.

Ces deux parties sont bien traitées par l'auteur qui a évidemment travaillé lui-même ; on y trouve des renseignements assez précis pour pouvoir en faire autant soi-même, sans être fatigué par des détails à l'infini comme, par exemple, dans l'ouvrage classique de Roseleur.

La troisième partie, l'électrométallurgie, est évidemment laissée au second plan : l'auteur n'a pas la prétention d'en classer, d'en coordonner les procédés ou de les discuter; il se contente d'attirer sur ceux-ci l'attention de ses lecteurs.

L'ouvrage contient également quelques pages sur l'analyse électrolytique, et, à ce propos, nous avons regretté de ne pas y voir figurer le nom du spécialiste, M. Classen.

Nous avions oublié l'introduction théorique inévitable, l'établissement et le rappel des premiers principes et des lois fondamentales.

Cette partie là, c'est notre cauchemar quand nous lisons un ouvrage de ce genre, car, la seule chose nouvelle qu'on est sûr d'y trouver, ce sont des erreurs de principe qui proviennent la plupart du temps soit du manque de place; ne voulant pas s'étendre et avec raison, sur cette introduction, on y va par à peu près ; soit du peu de soin qu'on prend à mettre de la rigueur à une partie sacrifiée d'avance.

Notre auteur n'y manque pas, et, à la première page de son livre, on lit cette phrase étonnante :

« Lorsqu'on fait passer un courant électrique d'une *intensité* suffisante au travers d'un corps conducteur, il arrive fréquemment que ce corps subit une décomposition chimique ».

E. M.

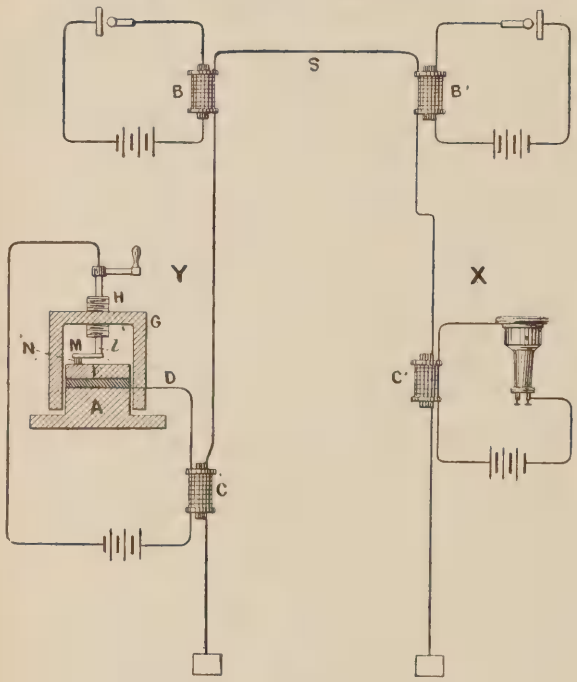
RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

181897. — HOUSE (1er mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES MOYENS ET APPAREILS PROPRES A LA TRANSMISSION ET A LA RÉCEPTION ÉLECTRIQUES DE LA PAROLE ET AUTRES SONS ENTRE DES STATIONS ÉLOIGNÉES.

L'invention de M. House est de celles dont on ne peut rien dire *à priori* et que l'expérience permet seule



de juger. La transmission du son entre des stations éloignées y est faite, en effet, en se servant du courant d'induction produit au départ, pour établir à la station d'arrivée des vibrations moléculaires dans un corp vibratoire électrolytique, lesquelles vibrations, imprimées à l'air, doivent reproduire les sons.

Nous nous expliquons davantage.

Soient X et Y les deux stations, S le fil de ligne. Les deux bouts de celui-ci sont à la terre et les circuits secondaires des bobines des transmetteurs, B B', y sont montés en tension avec les circuits primaires du récepteur CC'.

Les récepteurs sont la particularité de l'invention, et celui qui est représenté à gauche de la figure, montre clairement leur constitution.

Celui-ci, en effet, se compose d'un support d'embase A recevant une plaque D en charbon, sur laquelle repose en excellent contact un bloc E, fait de matière électrolytique, par exemple un mélange de charbon en poudre et de phosphate de soude, humecté puis comprimé.

Dans une traverse G, supportée par un étrier, passe une électrode *l*, supportée par un manchon fileté H. Celle-ci se termine, à sa partie inférieure, par un bras radial M qui est en contact avec le bloc E par l'intermédiaire d'un ressort N.

Les électrodes D et *l* sont mises dans le circuit récepteur, à travers la pièce E et la pile R, qui maintient un état de polarisation constante entre le bloc E et le contact de l'électrode *l*.

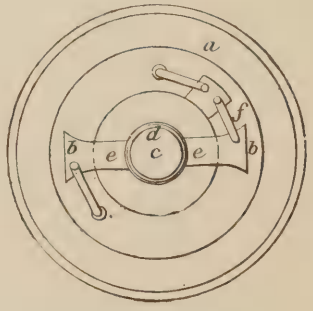
Si, maintenant, vous voulez savoir comment tout cela fonctionne, voici ce qu'affirme M. House :

Au moment où l'appel avertit que le poste Y par exemple veut communiquer avec X, on a fait tourner à la main le ressort N sur le bloc E. Par ce fait, le courant d'induction décompose la matière E en des points changeant à chaque instant par suite de la rotation, et les vibrations qui résultent de cette action reproduisent les paroles de départ.

Quant au récepteur représenté à droite de la figure, il affecte la forme ordinaire de ces appareils ; les pièces D et E, taillées en rondelles, sont logées sous le pavillon, tandis que le manche creux est traversé par l'électrode *l*.

181920. — BAILY et GRUNDY (2 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS AUX COMMUTATEURS DE COURANTS ÉLECTRIQUES.

MM. Baily et Grundy pensant, à tort ou à raison, que es nombreux commutateurs en usage ne satisfaisaient pas



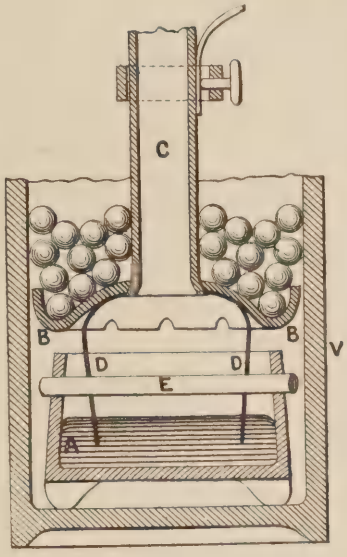
tout le monde, ont imaginé celui que représente la figure ci-contre, et qui n'a rien de bien extraordinaire.

a est la partie fixe ou sont les plaques *b*,*b'* en contact avec les fils ; *c c'* sont les frotteurs tournant avec la pièce centrale C, et un bon contact est assuré par un tore de caoutchouc *d*, comprimé dans son logement et qui, par élasticité, presse fortement les surfaces *c* et *b* les unes contres les autres.

181891. — ARTHUR RADIGUET (1er mars 1887). — PROCÉDÉ D'AMALGAMATION DES ZINCS DANS LES PILES ÉLECTRIQUES.

Vous le savez peut-être, mais, dans les piles Radiguet, l'amalgamation des zincs est entretenue par une petite quantité de mercure au fond des vases.

Jusqu'à ce jour, nous croyions, et vous aussi sans doute, que ce phénomène d'amalgamation était le résultat d'une ascension capillaire du mercure à travers les pores du zinc ; eh bien ! M. Radiguet a découvert que cette ascension mercurielle ne tenait nullement à des phénomènes de capillarité, et résultait simplement d'un transport électrolytique dû à un couple local fermé sur



lui-même et formé par le zinc et le mercure de la cuvette.

Cette découverte, dont nous vous laissons apprécier toute l'importance, ne fut pas infructueuse : M. Radiguet chercha à l'utiliser pratiquement, et c'est ainsi qu'il imagina l'électrode particulière représentée en coupe par la figure ci-jointe.

Dans une cuvette A est placé le mercure devant servir à l'amalgamation et contenant déjà des traces de zinc. Au-dessus de ce réservoir est montée une corbeille B en cuivre rouge contenant le zinc sous forme de morceaux sphériques entassés et percés de trous pour laisser passer le liquide. Cette corbeille est maintenue par une tige creuse C, également en cuivre, assez longue pour permettre d'entrer et de sortir facilement du vase poreux le système tout entier.

En outre, cette tige C est mise en contact avec le mercure par les deux languettes D D', qui sont traversées, ainsi que la cuvette A, par une goupille E, et lorsqu'une pareille électrode est plongée dans de l'eau acidulée, le mercure qui a des traces de zinc avec le cuivre rouge, forme un couple fermé sur lui-même qui fait que le mercure se dépose sur le zinc pour le protéger contre l'attaque de l'acide, lorsque le circuit général est ouvert. Lorsque la pile est au repos, l'usure du zinc est d'autant moindre que l'amalgamation est plus rapide, et celle-ci est presque instantanée, assure l'inventeur.

181907. — SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES TÉLÉPHONES (28 février 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS L'INSTALLATION DES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES A SIMPLE ET DOUBLE FIL AVEC CONCENTRATION DES PILES AU BUREAU CENTRAL.

Le dispositif revendiqué par le présent brevet est dû à M. Berthon, le directeur de la « Société des téléphones » qui a cherché, en enlevant les piles aux abonnés, à faciliter l'entretien et à diminuer les frais de premier établissement.

Nous aurons occasion, plus tard, d'étudier en détail ce système, dont nous n'indiquerons aujourd'hui que le principe.

Comme le dit le titre, toutes les piles sont concentrées au bureau central et elles ont perpétuellement leurs circuits fermés, pour maintenir les annonciateurs relevés, et les marteaux des sonnettes collés contre les timbres.

Pour appeler, l'abonné n'a donc qu'à ouvrir et fermer deux ou trois fois de suite son circuit ; il fait ainsi tomber le lapin et actionne la sonnette au bureau central. Celui-ci, pour appeler l'abonné, fait le même mouvement, et, lorsqu'on veut communiquer, l'abonné, en prenant en main son téléphone, supprime sa sonnette du circuit, tandis qu'au bureau, par un jack-nife, l'employé met hors du circuit l'annonciateur, pendant la durée de la conversation.

181911. — LAMURE (2 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS AUX APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES IMPRIMANT ÉLECTRO-AUTOMATIQUEMENT.

L'invention est relative à une combinaison électromagnétique, permettant d'obtenir, avec l'aide d'un seul circuit télégraphique deux mouvements distincts et isolés l'un de l'autre, propres à être utilisés dans la construction d'appareils télégraphiques.

Nous voudrions bien accompagner notre description de figures, mais le brevet en comporte véritablement trop : aussi serons-nous obligé de restreindre notre exposé au principe même de l'invention.

La construction des appareils de M. Lamure est basé sur les effets mécaniques obtenus à l'aide de la combinaison électromagnétique suivante :

Si aux pôles de deux aimants naturels ou de deux électros invariables constituant un des aimants fixes, on oppose les pôles de deux électros soumis à l'influence magnétique de courants électriques intermittents, on voit

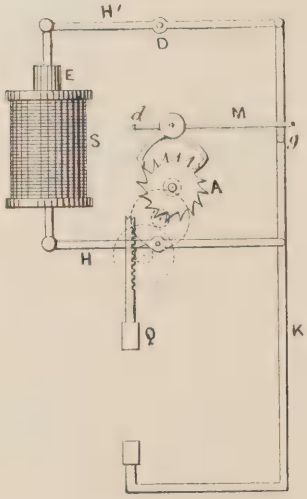
qu'à l'état neutre les armatures des électros mobiles resteront en contact avec les pôles des aimants fixes.

Or, pendant le passage d'une dépêche, suivant le sens des courants électriques qui détermineront l'aimantation de ces armatures, on aura une oscillation isolée de l'un ou de l'autre des électros mobiles, convenablement suspendus, pourvu que le sens des spires des solénoïdes ait été disposé sur chaque bobine, de manière à ce que l'influence magnétique de chaque sens du courant donne simultanément, pour l'un des électros mobiles, des pôles de même nom que ceux des pôles opposés de l'électro fixe, et pour l'autre des pôles de noms contraires.

Chacun de ces deux mouvements distincts, séparés l'un de l'autre, et obtenus ainsi suivant le sens des courants émis, est utilisé par l'inventeur pour déterminer et régler le mouvement des divers organes des appareils télégraphiques.

181900. — SOCIÉTÉ SUISSE POUR LA CONSTRUCTION DE LOCOMOTIVES, DE MACHINES, etc. (1er mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES LAMPES A ARC.

La fabrication des locomotives ne rapportant pas, sans doute, assez à la société qui se dit Suisse, celle-ci a songé à faire de l'électricité : elle a, dans ce but, inventé



a lampe à arc, dont le schéma ci-contre vous donnera une idée.

L'organe régulateur est, chose toute nouvelle, un solénoïde S. Le noyau de fer doux E de celui-ci est suspendu par deux leviers H et H', oscillant autour des points D D' et actionnant le porte-charbon inférieur par l'intermédiaire de la tige verticale K. Le porte-charbon supérieur est libre et sa tige taillée en crémaillère est maintenue par un mouvement d'horlogerie, avec roue à rochets et ancre A.

Au repos, les deux charbons ne sont pas en contact. Lorsqu'au moment de l'allumage, le courant traverse le solénoïde, le fer doux E est attiré de haut en bas. Les leviers H et H' basculent, faisant monter le charbon inférieur et descendre le charbon supérieur, car, dans son mouvement, la tige *g* a soulevé le levier M et déclanché la roue à rochets. Les deux charbons arrivent ainsi au contact, mais, comme à ce moment le solénoïde n'est plus actionné, les charbons se séparent, l'arc jaillit et l'ancre A enclanchant avec la roue à rochets maintient fixe le charbon supérieur.

Quant au réglage, il s'opère de la même manière, l'allongement de l'arc déterminant les deux mouvements dont nous venons de parler.

Quelle que soit la sympathie que nous avons pour les Suisses, en général, et les électriciens suisses, en particulier, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer qu'une lampe dont les charbons sont éloignés au repos n'est jamais bonne. En effet, au moment de l'allumage, le solénoïde traversé par le courant total risque fort d'être brûlé, sinon de suite, du moins très rapidement.

182055. — CLARK (8 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX SIGNAUX ÉLECTRIQUES DE CHEMINS DE FER.

Nous regrettons d'être dans l'impossibilité de vous dire ce que contient ce brevet.

L'auteur y décrit avec soin, en rappelant les lettres, des dessins qui n'existent pas ; on y parle de circuits C, de relais S, d'aimants A, de bielles *d*, etc. ; mais comme les figures manquent, on ne sait absolument pas de quoi il s'agit.

Lisez le brevet, si le cœur vous en dit : vous n'en saurez pas davantage.

182093. — TIMMIS (10 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS L'ÉCLAIRAGE DES VOITURES DE CHEMINS DE FER.

Il y a déjà un mois environ, nous avons décrit un brevet, du même M. Timmis, portant le même titre et dont celui-ci est la suite. Il s'agissait, nous le rappelons, d'éclairer chaque voiture par des accumulateurs, placés sous chaque wagon et chargés tous par une machine montée sur la locomotive. En outre, tout le train était relié par un circuit de contrôle aboutissant au fourgon de queue.

Dans le brevet actuel, les dispositions sont les mêmes. Chaque voiture a son circuit spécial, un circuit de charge est établi pour tous les trains, et la seule particularité réside en ceci, que le retour du circuit de contrôle est fait par un des conducteurs du circuit de charge.

(*A suivre*) P. CLEMENCEAU

CORRESPONDANCE

Florence, 7 septembre 1887

Monsieur le Directeur,

Etant de passage à Florence, j'ai reçu de mon collègue et ami, Monsieur le professeur Roïti, communication du numéro du 27 août dernier, du journal *La Lumière Électrique*.

Ce numéro contient, au sujet des essais électriques à l'Exposition d'Anvers, un article de M. Meylan, dans lequel votre collaborateur dit attendre avec impatience le travail de M. Roïti sur les transformateurs Zipernowski.

Je regrette d'avoir à vous annoncer que M. Roïti, qui, à la demande unanime des membres du Comité d'essais, avait consenti à se charger de ce travail, sous la réserve toutefois que le gouvernement italien ferait les frais des expériences, s'est trouvé dans l'impossibilité de satisfaire au vœu du Comité, le Ministère de l'industrie et du Commerce n'ayant pas pu lui accorder les fonds nécessaires pour l'achat des appareils et l'exécution des essais.

Je vous prie, Monsieur le Directeur, de vouloir bien, en publiant ces quelques lignes, faire connaître à vos lecteurs la circonstance qui nous prive, à notre grand regret, du travail important que nous avions espéré pouvoir publier, et d'agréer l'assurance de ma haute considération.

E. Rousseau
Président du Comité des essais électriques à l'Exposition d'Anvers

FAITS DIVERS

Pour éviter le léger dépôt d'oxyde qui se forme souvent par suite de la torsion de deux fils de cuivre, l'un sur l'autre, et qui augmente la résistance du joint des deux conducteurs, M. Matignon a imaginé d'assurer le parfait contact des fils en déposant par la galvanoplastie au point de contact une couche de cuivre et en recouvrant le tout de la matière isolante.

Le nouveau laboratoire des essais électriques, à Vienne, a fixé le tarif suivant pour les expériences faites au Laboratoire même :

Essais de machines dynamos (selon l'importance des essais et les dimensions des machines)	30 à 100 fr.
Essais de lampes à incandescence	20 à 30
— — à arc	30 à 40
Détermination de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence	20
Détermination de lampes à arc	30
Essais d'instruments de mesure	10 à 40
Essais de charbon pour foyers à arc	20
Détermination de la conductibilité	20
— de cœfficients de température	20
Essais photométriques généraux de toutes sources de lumière	6 à 40

On remarque, à l'exposition de Newcastle, un nouveau casque pour plongeur, fabriqué par M. Applegarth de Londres, qui présente plusieurs perfectionnements.

Le plus important consiste dans l'emploi d'une lampe à incandescence de 50 bougies, placée devant un puissant réflecteur au sommet du casque.

Le plan de ce réflecteur est incliné en avant de façon à renvoyer les rayons lumineux dans la direction même des regards du plongeur et sur les objets qu'il a à examiner.

Cette modification, très simple à exécuter, facilite considérablement les travaux sous-marins, car elle a le double avantage d'augmenter la clarté qui environne l'ouvrier et de lui laisser le libre usage de ses mains.

Éclairage Électrique

La station centrale de lumière électrique dans le port de Hambourg, alimente 4,000 lampes de 16 bougies pour l'éclairage des bureaux, et environ 50 foyers à arc pour l'éclairage des ponts et des quais de la douane.

La force motrice est fournie par 3 machines de 140 à 220 chevaux, marchant à 100 tours par minute. Les câbles sont tous sous terre, dans des canaux en fer.

On télégraphie de Metz, à la date du 8 septembre, que l'autorité militaire a fait faire des expériences d'éclairage électrique de toute la vallée de la Moselle et des points environnants. Toute la vallée, paraît-il, était éclairée comme en plein jour.

Bien que l'entente soit aujourd'hui complète entre MM. Siemens et Halske, les entrepreneurs de la nouvelle station centrale d'électricité dans le Neubar, à Vienne, les travaux n'ont pas encore été commencés et il sera nécessaire avant tout de démolir plusieurs vieilles maison. En attendant ces Messieurs font placer les fils et les lampes

dans plusieurs restaurants et cafés qui seront alimentés de courant par la nouvelle usine.

Le théâtre du Haymarket, à Londres, qui fera sa réouverture cette semaine, sera entièrement éclairé à la lumière électrique.

L « United States Electric Lighting C° » de New-York, va expédier une installation importante de lumière à arc et à incandescence à la ville de La Paz, en Bolivie. Cet envoi comprend deux machines de 225 lampes à incandescence, deux autres de 500 lampes et une à dix foyers à arc pour l'éclairage d'un parc. La ville à 70,000 habitants et, pendant 9 mois de l'année on peut disposer d'une force hydraulique considérable.

Télégraphie et Téléphonie

La création de nouveaux bureaux télégraphiques vient d'être autorisée dans les communes de Rilly-Sainte-Syre (Aube), Fourgs (les) (Doubs), Port-d'Envaux (Charente-Inférieure), Dammarie (Eure-et-Loir), Saint-Chaptes (Gar), Tignes (Savoie), Perreux (le) (Seine), Mézy (Seine-et-Oise), Vicherey (Vosges), Rogny (Yonne).

L'usine électrique de MM. Siemens et Halske, à Berlin, va célébrer cette année le 40e anniversaire de son existence; elle a été fondée en 1847, par Werner Siemens et J. Halske.

Après avoir subi plusieurs modifications l'établissement occupe aujourd'hui 50 employés avec 700 ouvriers et 50 apprentis. La succursale fondée à Charlottenbourg existe depuis l'année 1872.

La « Commercial Câble C° » vient d'annoncer par circulaire à sa clientèle, qu'à partir du 15 septembre 1887, le tarif sera réduit à 12 sous par mot entre l'Amérique, l'Angleterre, l'Irlande et la France, et à 15 sous par mot entre l'Amérique et l'Allemagne.

La ligne télégraphique devant relier Merv et Pendjeh a été ouverte à l'exploitation publique jusqu'à Sarijasi.

Un réseau téléphonique a été inauguré le 22 août dernier, par M. l'Ingénieur Fischer, à Bade, près de Vienne, en Autriche.

Le 24 septembre prochain, aura lieu l'adjudication publique de la construction et de l'exploitation d'un réseau téléphonique à Vigo, en Espagne.

Le 27 du même mois, aura lieu une adjudication du même genre, pour la ville de Grenade.

Notre confrère l' « Electrician », de Londres, annonce que le Directeur général des postes et télégraphes, en Angleterre, vient d'accorder à une nouvelle entreprise téléphonique l' « Equitable telephone Association », la permission d'établir des réseaux téléphoniques dans le Royaume-Uni. On sait que cette Société exploite le téléphone Swinton.

La première ligne téléphonique entre New-York et Philadelphie, a été ouverte au mois de janvier dernier avec 50 fils ou 25 circuits. Plusieurs de ces circuits sont loués par la Compagnie à des négociants et à l'année, d'autres sont divisés entre un certain nombre de maisons de commerce, et la Compagnie se sert du reste pour donner des communications au public.

Il y a à New-York 120 bureaux en communication directe avec Philadelphie, tandis qu'il n'y en a que 40 à Philadelphie, parce qu'un grand nombre de négociants de cette ville préfèrent s'adresser aux bureaux publics, plutôt que de payer le prix élevé d'un appareil particulier chez eux. Le prix est de 5 francs pour cinq minutes de conversation, à partir du moment où la communication a été établie. Le nombre des communications établies pour les bureaux publics s'élève de 150 jusqu'à 250 par jour.

Le gouvernement de la Nouvelle Galles du Sud utilise depuis quelque temps le téléphone comme moyen de communication entre les districts extérieurs où le trafic n'est pas assez important pour occuper entièrement un employé.

Après quelques essais qui ont donné de très bons résultats, le système a été appliqué d'une manière générale : on ne compte pas actuellement moins de quarante stations téléphoniques dans cette contrée.

On pense que ce perfectionnement va être adopté aussi dans le gouvernement de Victoria où il n'existe encore que deux lignes téléphoniques de ce genre, reliant les phares de Point Lonsdale et Cape Nelson.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXV) SAMEDI 24 SEPTEMBRE 1887 N° 39

SOMMAIRE. — L'observatoire météorologique du mont Ventoux ; P. Marcillac. — La théorie géométrique des transformateurs ; W. - C. Rechniewski. — La sécurité dans les théâtres ; E. Dieudonné. — La télégraphie sous-marine ; E. Wunschendorff. — Influence du magnétisme sur la résistance électrique des conducteurs solides ; Dr Faè. — Revue des travaux récents en électricité : La session de Boston de l'association nationale des Etats-Unis pour l'éclairage électrique. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Brevets d'invention; P. Clemenceau. — Faits divers.

L'OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE DU MONT VENTOUX

Bien qu'elle soit ouverte depuis deux ans (25 juillet 1885) au service météorologique, la station du Ventoux est encore à peine connue et peu de visiteurs se détournent un instant de la grande voie de Paris à Marseille pour faire l'ascension de la redoutable montagne, malgré l'intérêt exceptionnel qu'elle présente au touriste, à l'électricien et au géologue.

Comme, en dépit de son isolement et de difficultés extrêmes de communications, cet observatoire est déjà une station fort importante, dans laquelle l'étude de certaines questions d'électricité est poursuivie avec soin, il nous a paru intéressant de faire connaître à la fois, et sa position particulière, et ses ressources en appareils électriques.

M. le lieutenant de vaisseau Lephay, attaché à la mission du Cap Horn, et auquel on doit de très intéressantes études sur l'électricité atmosphérique, a insisté fort justement, comme beaucoup de météorologistes, sur un point capital trop souvent oublié, qui est le suivant :

« La simple énumération des faits observés dans les divers pays, remplirait des volumes ; classés par ordre même, ils ne pourraient guère offrir d'intérêt, à cause des influences locales variables à l'infini. L'on est, par suite, obligé dans ce genre d'études, de restreindre son travail. Il faut rester dans la localité qu'on étudie et ne généraliser une observation qu'après s'être assuré qu'elle n'est pas le résultat d'une situation orographique particulière. »

Cette remarque s'applique admirablement à la station du Mont-Ventoux.

Nous examinerons donc d'abord sa situation exceptionnelle. En effet, le Ventoux dont la chaîne abrupte court de l'Ouest à l'Est, jusqu'à sa jonction avec les montagnes de Lure où elle se rattache aux Alpes du Dauphiné, (comme le prouve, en dépit d'assertions contraires fort vagues, la carte du système arboriforme de Dubrena), est entièrement isolé (fig. 1). Il s'élève à près de 2000 mètres, non pas par degrés, mais brusquement, d'un seul jet, et domine les plaines qui l'entourent, beaucoup plus que ne le font les grands sommets des Alpes et des Pyrénées, (le

mont Blanc compris), par rapport au sol sur lequel ils s'appuient.

Il est battu de plein fouet par les vents du Nord-Ouest, dont les Cévennes, trop basses, ne peuvent ni arrêter, ni même briser l'effort furieux, et il reçoit presque intégralement le choc non amorti des nombreuses tempêtes qui, après avoir traversé l'Atlantique, s'infléchissent sur les côtes de Normandie et de Bretagne, traversent la France en neuf ou dix heures, et arrivent encore en Provence avec une vitesse de 20 à 24 mètres à la seconde, et une pression de 24 à 78 kilogrammes par mètre carré. D'autre part, quand les vents du Sud chargés de buées marines dominent, l'observatoire du Ventoux subit des assauts très pénibles, suivis d'effets de verglas particulièrement remarquables dont nous parlerons plus loin.

Le nom même de la montagne (1) indique le climat dominant, et l'on ne sait quelle est l'étymologie qu'il faut préférer pour le Ventoux, du mot latin *Ventosus*, venteux, ou des mots celtiques *ven top* qui signifient cime neigeuse, car pendant plusieurs mois, la cime est coiffée de neige, et dans les saisons les plus favorables, il y règne de telles températures, que le givre, le verglas, etc., y dominent en maîtres. Deux simples citations feront d'ailleurs, apprécier la rigueur du climat ventousien.

A la mi-octobre 1886, par un magnifique soleil, la température était de 1° à midi, au pied de l'observatoire.

Le vent soufflait avec une vitesse de 18 mètres à la seconde (la veille il avait atteint 23 mètres). Sur la plateforme où se trouvent les instruments, il fallait s'asseoir pour résister à la bourrasque.

Les appareils étaient recouverts d'une couche de lames de verglas, analogues à d'énormes lames de sabre, qui suivaient les contours de toutes les pièces métalliques, des paratonnerres Melsens, de l'anémomètre, etc. etc., et leur donnaient un aspect féerique. L'épaisseur de ces ornements de glace était : à la base, de 2 à 3 centimètres, la hauteur de huit cms, et en quelques points, de 11 centimètres.

Le 25 mai 1887, par un temps superbe, les thermomètres accusaient à 6 heures du matin, — 7° C. En quelques instants, le verglas en formation avait augmenté de plusieurs millimètres. La vitesse du vent était de 9 à 10 mètres à la seconde. A 11 heures le temps, fort beau, changeait, et à midi des flocons de neige inondaient notre appareil photographique. Les pentes de la montagne, à une certaine distance de la station, portaient des plaques de neige de 15 centimètres.

Quelques centaines de mètres plus bas, le sol était sec et les plantations poussaient vigoureusement, mais la cime entière était enveloppée d'un ouragan de neige.

Telle est généralement la situation météorologique au Ventoux.

Nous empruntons pour compléter cet aperçu, au point de vue purement électrique, quelques renseignements au service des Ponts-et-Chaussées du Vaucluse, dont l'Ingénieur en chef, M. Bouvier, doit être cité au rang des plus ardents défenseurs et promoteurs de l'observatoire du Ventoux. En principe, la sation devait être rattachée au réseau télégraphique, et par suite au bureau météorologique central à Paris. Tout d'abord, la ligne en fil de fer de 3 millimètres tint bon. Le vent en eut vite raison, malgré le peu d'espacement des appuis.

A la fin de novembre 1885, entre la station et le point appelé Fontaine de la Grave (sur une longueur de près de 4 kilomètres) il se forma autour du fil une gaîne de glace, d'épaisseur variable suivant l'altitude, qui détermina un simple accroissement de la flèche ; mais, près de l'observatoire même, toute la ligne fut brisée. Nous nous bornerons à citer les termes du rapport dont les chiffres sont éloquents.

« Les accidents ont été de trois natures différentes :

« 1° *Bris de poteaux.* — Les poteaux télégraphiques ont été rompus à 50 centimètres du sol. Cet accident doit être attribué à l'action du vent sur le fil, démesurément grossi par la gaîne de glace qui l'entourait. Cette gaîne mesurée quelques jours après, avait encore 36 centimètres de circonférence, soit 11 centimètres de diamètre, ce qui, pour une portée de 50 mètres, donne une surface de 5 mètres carrés exposée à l'action du vent au sommet du poteau.

« L'effort du vent sur le poteau seul, est négligeable devant un tel moment fléchissant. Nous n'avons pas, sur la résistance et les dimensions des poteaux, de renseignements suffisants pour

(1) *L'Obs. Météor. du Ventoux*, par E. Barrême, Marseille 1883.

pouvoir déduire la vitesse du vent qui a produit ces ruptures; ce serait un élément intéressant à connaître pour l'avenir.

« 2° *Renversement des poteaux.* — 5 poteaux télégraphiques ont été renversés complétement.

« 3° *Rupture du fil.* — En un certain nombre d'autres points, 15 en tout, les poteaux ont résisté, quelques uns ont pris cependant une inclinaison notable ; mais le fil s'est rompu sous l'action combinée d'une surcharge de 10 kilogrammes de glace par mètre courant, d'un vent violent agissant par sa propre vitesse, et plus encore par les oscillations brusques qu'il donnait, lorsque cette masse soulevée retombait de tout son poids, et enfin d'une température très basse (— 15°) qui a pu avoir le double effet de déterminer par la contraction du fil une tension notable assimilable à une surcharge, et en même temps une diminution de la résistance par millimètre carré. »

Comme suite de ces envahissements du fil télégraphique par ces énormes manchons de glace, les poteaux télégraphiques se recouvrirent de couches de verglas si épaisses, que les habitants de Bédoin, village situé à vol d'oiseau à 9 kilomètres de l'Observatoire, purent les apercevoir et les comparer pour la grosseur à des futailles de 7 à 800 litres.

La ligne fut réparée, la hauteur des appuis diminuée, leur nombre accru ; des étais furent placés aux points les plus menacés et le diamètre du fil fut porté successivement à 4, puis à 5 millimètres. Néanmoins, avec un simple abaissement de température, coïncidant surtout avec le vent du midi, comme il se forme autour du fil, des isolateurs et des poteaux, un manchon de glace, la ligne céda, à deux reprises, et, malgré tous les efforts, se rompit une troisième et dernière fois.

Aussi les observations restent-elles pour le moment lettre morte, des difficultés pécuniaires s'opposant à la pose d'une ligne souterraine qui assurerait le service et permettrait à l'observateur du Ventoux de transmettre tous les jours, ses prévisions et ses dépêches, au bureau météorologique central.

Pour en finir avec l'exposé des conditions tout particulièrement pénibles dans lesquelles se trouve le stationnaire du Ventoux, nous examinerons rapidement la situation des bâtiments et le programme des observations, avant de passer à la description des appareils en service.

Comme nous l'avons dit, le Ventoux s'élève à près de 2000 mètres. Sur sa cime, de forme pyramidale, se trouve l'Observatoire auquel on accède par le Sud, grâce à une route longue de 22 kilomètres, qui serpente en longs crochets depuis le village de Bédoin.

Par le versant nord, très escarpé, il est difficilement accessible (fig. 1) et le bord septentrional de la terrasse où se trouvent les appareils météorologiques, surplombe un précipice dont la hauteur se chiffre par des centaines de mètres. De ce point, la vue s'étend, d'une part, sur la vallée du Rhône, le Vercors, le massif du Pelvoux, en arrière duquel se dressent les cîmes les plus élevées des grandes Alpes, d'autre part, sur le cours inférieur de la Durance, la Provence, la Méditerranée qui, par un effet bien connu des ascensionnistes, semble se relever à l'horizon, en un grand cercle bleu pâle, au-dessus du Ventoux lui-même et enfin sur les Pyrénées et les Cévennes.

Fig. 1

Le bâtiment principal (fig. 2) comprend un rez-de-chaussée inutilisé actuellement, et un premier étage réservé à l'habitation du stationnaire, aux appareils enregistreurs, aux archives et aux provisions de combustible et de vivres. Les murs de 1,50 m. d'épaisseur s'élèvent dans une sorte de tranchée profonde formée par le déblai d'une partie de la crête. La pente nord du sommet, laissée intacte, forme un talus protecteur, analogue au glacis d'un rempart. Malgré ce revêtement, renforcé d'un énorme amas de pierres et de terre, les bâtiments reçcivent parfois de violents à-coups, et, s'ils résistent aux assauts du vent, ils

n'en éprouvent pas moins les effets du froid, à un degré qui semble tout à fait invraisemblable pour ceux qui n'ont pas étudié ces phénomènss au Ventoux même.

Pendant l'hiver, le bâtiment, long de 30 mètres, s'est trouvé *entièrement* couvert d'une couche de verglas atteignant 30 à 40 centimètres. Chaque gouttière, se recouvrait de stalactites de glace, et des stalagmites de plusieurs pieds de long barraient les fenêtres et les portes. L'observatoire ressemblait à un diamant colossal. Nous avons vu, les hémisphères de l'anémomètre remplis et recouverts de verglas, rivés à la tige centrale et immobilisés, ainsi que la girouette, par un enchevêtrement de morceaux de glace d'une apparence magique, mais pesant chacun plusieurs kilogrammes.

Ces incidents sont chose fort ordinaire au Ventoux. A de rares exceptions près, il convient de ne faire l'ascension que de mai à septembre.

Fig. 2

Au dessus du bâtiment central s'élève une plateforme en demi-cercle supportant les principaux instruments. En temps ordinaire on y accède par l'escalier figuré à gauche du plan (fig. 3) ; mais, en raison de l'extrême violence du vent, qui parfois en empêche l'approche, l'observateur se rend auprès des appareils par une galerie voutée débouchant directement sur la plateforme. Nous devons ajouter, pour tout dire, que pour ouvrir la porte il faut souvent un levier et une hache, à cause de la couche de glace qui se forme entre deux périodes d'observations.

En l'état actuel et faute de fonds, car les ressources provenant de souscriptions particulières, ont fini par se tarir, l'Observatoire du Ventoux contient à peine trois pièces convenables. Deux sont réservées au stationnaire qui habite cette effrayante solitude. Jour et nuit, il est nécessaire d'y entretenir du feu. La troisième sert de bureau télégraphique et contient les appareils enregistreurs, qui communiquent mécaniquement ou électriquement avec les appareils placés sur la terrasse de l'Observatoire.

En principe, le télégraphe devait relier, par Bédoin et Carpentras, la station du Ventoux au réseau principal et, par suite, à Paris. Mais, comme nous l'avons dit, la ligne télégraphique aérienne, est pour longtemps hors de service.

Il arrive, en outre, que l'huile se fige dans le récepteur Morse, ce qui entrave le fonctionnement de l'appareil. Il sera facile, il est vrai, de substituer au Morse un bon téléphone, sans l'adjonction d'aucun microphone, le jour où une section de ligne souterraine aura remplacé dans la zône dangereuse, la section aérienne.

Sur cette longueur de 22 kilomètres, les Siemens grand modèle suffisent amplement, expérience faite. Tout au plus faudra-t-il intercaler des paratonnerres, en raison des coups de foudre fréquents et très violents qui frappent le Ventoux au-dessous de l'Observatoire et qui font voler en éclats des blocs de rochers de grand volume.

L'articulation est très nette à cette distance et la facilité des communications permettrait au stationnaire de multiplier ses avis et d'annoncer l'approche des bourrasques, que l'on voit venir de fort loin.

De cette façon, les sacrifices déjà faits pour la création d'une station météorologique de premier ordre, ne seraient pas perdus.

Au lieu d'adresser à intervalles plus ou moins longs, des relevés surannés, vieux d'une ou deux semaines, l'Observatoire fournirait à toute heure, en plein cœur d'ouragan, par un temps quelconque, des données précieuses, sans même recourir

à la manipulation télégraphique, plus lente et plus pénible pour des mains raidies par le froid.

Il convient de remarquer, en effet, qu'il n'est pas allumé de feu dans la salle des instruments enregistreurs et autres, salle qui sert en même temps de bureau télégraphique, et qui est loin d'être chaude.

Il reste à examiner la distribution et la nature des appareils, ainsi que le programme d'études suivi par le stationnaire.

Au nord du bâtiment, sur la terrasse en demi-cercle qui domine la station et même la chapelle de Sainte-Croix, (ancien lieu de pélerinage), aujourd'hui enclavée dans les constructions du service météorologique, sont disposés dans l'ordre indiqué sur le plan (fig. 3, 4 et 5) :

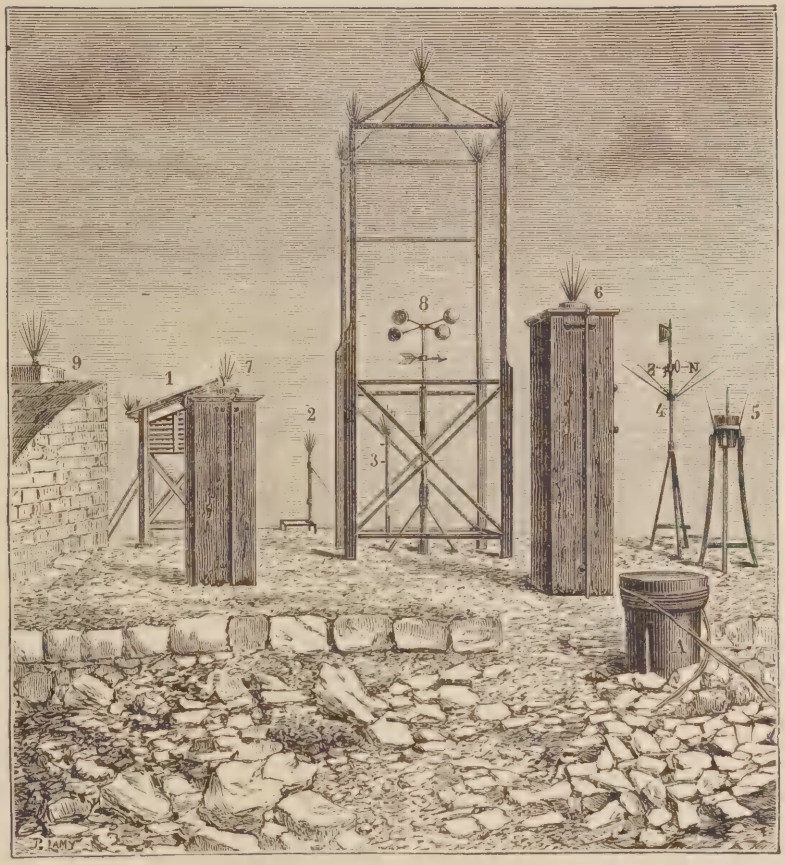


Fig. 3

1° Un abri métallique, sorte de cabine fermée de trois côtés par des persiennes en fer laissant circuler l'air, et largement ouverte sur sa quatrième face tournée vers le nord ; sous cet abri, se trouvent un thermomètre enregistreur, modèle Richard ; un psychromètre, un évaporomètre de Piche, du papier ozonométrique et des thermomètres à maxima et à minima.

2° Un chassis métallique armé d'aigrettes Melsens, supportant d'autres thermomètres à maxima et à minima, et un second évaporomètre.

3° Un support en fer, armé également d'aigrettes Melsens, soutenant un actinomètre.

4° Une grande girouette avec paratonnerre à pointes multiples.

5° Un pluviomètre de l'association scientifique.

6° Un pluviomètre quintuplateur de Tonnelot.

7° Un pluviomètre décuplateur d'Alvergniat.

8° Au centre, une haute cage métallique armée, au sommet et aux quatre angles, de grandes aigrettes Melsens ; dans cette cage, tournent le moulinet de l'anémométrographe et une seconde girouette. Çà et là, surgissent les têtes des tuyaux en fonte, longs de 3 mètres, de 0,30 c. m. de diamètre, destinés à servir de plaques de terre au réseau des paratonnerres multiples, et profondément enfoncés dans le sol.

Sur le bâtiment principal repose, en outre, un collecteur de pluie dont l'eau se rend dans le cylindre d'un pluviographe de Redier, placé à l'intérieur de la station, dans la chambre des instruments. Celle-ci contient : les appareils télégraphiques du système Morse auxquels est adjoint un rhéélectromètre sur lequel nous reviendrons plus loin ; le pluviographe de Redier, déjà cité ;

l'enregistreur de vitesse et de direction des vents (modèle Bréguet), ou anémométrographe ; un baromètre de Fortin ; un baromètre enregistreur de Redier ; un baromètre holostérique ; un hygrotromètre de Saussure.

En résumé, il y a en service 17 appareils divers.

Les observations se font à intervalles de 3 heures ; à 6 heures et 9 heures du matin, à midi, 3 heures et 6 heures du soir.

Une observation supplémentaire est faite à midi 30 minutes. Elle est transmise par les soins du bureau central de Paris à Washington. Cette observation diffère des six autres. Elle comprend: la lecture du baromètre avec corrections, celle du psychromètre, de l'hygromètre; elle indique la

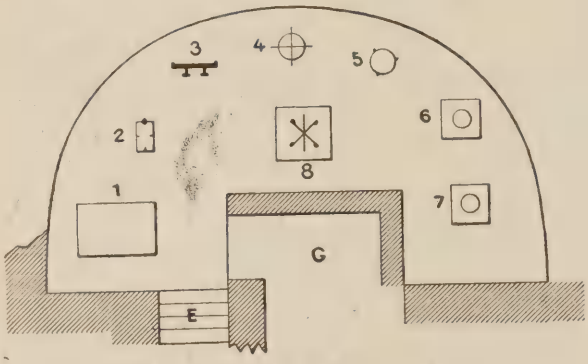


Fig. 4. — Terrasse de l'Observatoire.

G, galerie couverte; 1, abri; 2, thermomètre à minimum et maximum, évaporomètre; 3, actinomètre; 4, girouette; 5, pluviographe (Ass. sc.); 6, pluviomètre quintuplateur; 7, pluviomètre décuplateur; 8, anémomètre et girouette.

direction du vent et sa force, la direction des nuages et leur vitesse approximative, la hauteur de pluie ou de neige tombée dans les 24 heures et l'état du ciel. Les observations tri-horaires comprennent: la lecture du baromètre, des thermomètres sec et mouillé, de l'hygromètre de Saussure, des thermomètres à maxima et minima placés les uns sous l'abri, les autres en plein air, et enfin de l'ozonomètre. Les évaporomètres et l'ozonomètre ne sont observés que deux fois, le matin à 6 heures et le soir à 6 heures également. Si nous ajoutons l'observation du thermomètre fronde faite six fois par jour, et le relevé détaillé de tous les phénomènes accidentels, nous aurons complété la liste des opérations multiples imposées au stationnaire.

La majeure partie des instruments employés au Ventoux et désignés plus haut sont tellement connus, ou ont si peu de rapport immédiat avec l'électricité, que nous n'en reparlerons pas. Quatre d'entre eux, seulement, sont du domaine de l'électricien: Le papier ozonoscopique, l'anémomètrographe en tant qu'enregistreur, le rhéélectromètre et, par dessus tout, le magnifique réseau de paratonnerres Melsens qui protège, non-seulement, l'observatoire, mais encore tout le sommet de la montagne.

Ozonomètre. — On sait que l'oxygène soumis

Fig. 5

à l'action de l'électricité, acquiert des propriétés oxydantes très énergiques. Parmi les réactions qu'il peut produire, la météorologie a utilisé la suivante :

L'ozone décompose l'iodure de potassium et met l'iode en liberté. Si donc, l'on porte du papier amidonné, imbibé d'iodure de potassium dans une atmosphère d'ozone, l'iode est mis en liberté, colore l'amidon en bleu et cette coloration signale immédiatement la présence de l'ozone. Au Ventoux, comme dans les autres stations, il existe sous forme de tableau, une gamme de couleurs passant du bleu le plus pâle au bleu très sombre, qui sert d'échelle ozonométrique et permet d'évaluer

approximativement la quantité de l'ozone, suivant l'intensité de la coloration. Si on expose simplement à l'air, du papier préparé comme il est dit, il se colore peu a peu, et l'on en conclut la présence de l'ozone; mais, d'après certains météorologistes, cette opinion peut être erronée, car les vapeurs nitreuses, la lumière solaire, les huiles essentielles exhalées par les vêgétaux, bleuissent le papier ioduré et amidonné. (1) Dans des stations rapprochées des villes et des usines, ou entourées de plantations, cette conclusion a une valeur qu'elle perd au mont Ventoux.

Ici, le peu de lumière sous l'abri métallique, l'éloignement ou plutôt l'isolement complet de toute industrie, de toute habitation, l'absence totale de végétation autour et à une assez grande distance du sommet, font que les lectures ozonoscopiques méritent une sérieuse attention. Dans les conditions exceptionnellement favorables où l'on opère, sous ce rapport, au Ventoux, l'ozonomètre peut servir à complèter les remarques de M. Marié Davy qui a reconnu que les cyclones dont le centre de dépression passe au Nord du point des observations, agissent fortement sur le papier ozonoscopique ; tandis qu'il n'agissent pas sur lui quand leur centre de dépression passe au Sud.

C'est en raison de cette importance que nous n'avons pas craint de revenir, quelque peu, sur la fabrication et l'utilisation du papier ozonoscopique, quoiqu'elles soient bien connues.

Nous ne parlons que pour mémoire de l'anémomètrographe de Bréguet, enregistrant la direction et la vitesse du vent. L'appareil est décrit, en effet, dans les traités classiques, et au surplus, un terrible ouragan a enlevé, on pourrait dire déraciné, le moulinet, la girouette et leur tige, et les a projetés sur les pentes de la montagne. L'instrument, complètement faussé, n'a pu être remis en service.

Rhéélectromètre. — Cet appareil a été décrit il y a plusieurs années, dans *La Lumière Électrique* (2); mais bien que la question ait été minutieusement traitée, nous croyons devoir en rappeler le principe et les dispositions.

En 1833, Marianini, étudiant les courants des piles, imagina de mesurer leur intensité par l'aimantation qu'ils produisent dans le fer, et d'évaluer cette aimantation par les déviations qu'elle provoquerait sur une aiguille aimantée.

Plus tard, il imagina, pour pouvoir retirer et changer le fer à volonté, d'enrouler le fil isolé sur un tube en verre, et de placer à l'intérieur de celui-ci, la tige de fer que l'on pouvait débarrasser du magnétisme rémanent. après chaque expérience,

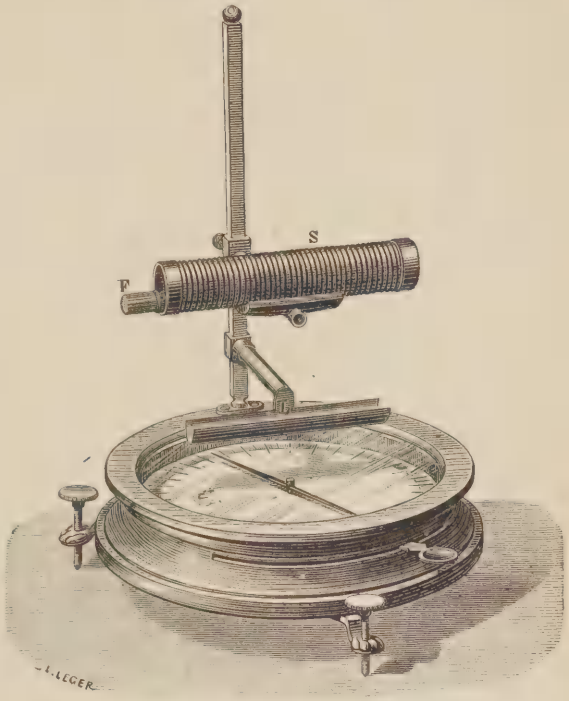


Fig. 6

en la chauffant ou en la laissant refroidir lentement.

La figure 6 montre cette disposition, (seconde manière) du rhéélectromètre. S est le solénoïde traversé par les décharges ou par les courants de piles. Il est supporté par une sorte d'étrier et peut se placer sur un second appui de même genre plus rapproché de l'aiguille. F est un barreau ou mieux un faisceau de fils de fer. Dans certains modèles, l'aiguille était suspendue à un fil de cocon au lieu d'être montée sur pivot.

Au cours de ses essais, Marianini indiqua l'emploi de son rhéélectromètre, comme moyen de découvrir la direction de la foudre.

« Pour cela, disait-il, je propose de relier deux points, pas trop rapprochés, d'un paratonnerre

(1) Nous reviendrons sur cette question en citant l'opinion des savants étrangers les plus autorisés, sur l'intérêt que présentent les observations ozonométriques.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, du 5 mai, 1883.

ordinaire avec les extrémités du fil de la bobine d'un rhéélectromètre. Toutes les fois que la foudre parcourra le paratonnerre, une portion de l'électricité aimantera au passage les fils de fer, et la déviation de l'aiguille indiquera le sens de l'aimantation, c'est-à-dire fera connaitre si la foudre a été ascendante ou descendante dans le paratonnerre.

« Par crainte d'une fusion l'inventeur proposait de former un circuit fermé en reliant par un fil les extrémités de la bobine, et de placer une longueur de 1 mètre, par exemple, de ce fil de jonction, parallèlement au paratonnerre et à une certaine distance de celui-ci. »

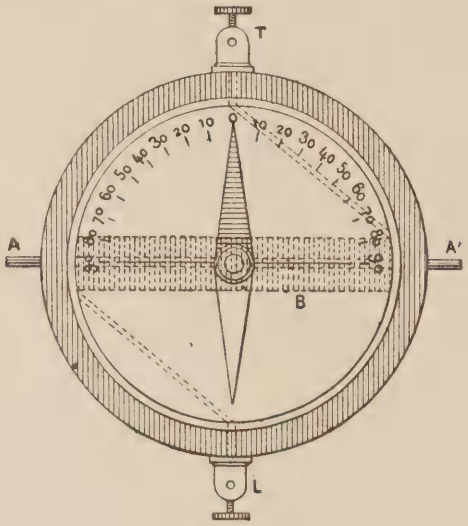


Fig. 7

« Je suis convaincu, ajoutait-il, que le rhéélectromètre indiquerait le passage de la foudre dans le paratonnerre et, dans ce cas, le rhéélectromètre étant électrisé par influence, ses indications seraient évidemment en sens contraire de celles qu'aurait données l'instrument, si le fil avait été traversé par une portion d'électricité directe..... Il est possible que par cette méthode, et rien qu'en augmentant la longueur du fil parallèle au paratonnerre, le rhéélectromètre puisse signaler à de notables distances la chute de la foudre ».

Melsens, reprit et développa les essais de Marianini. Il donna à l'instrument sa forme actuelle. c'est-à-dire celle d'une grosse boussole (fig 7). Au fond d'une boîte d'un décimètre de diamètre environ, se trouve la bobine B, à l'intérieur de laquelle on place des tiges en fer ou mieux en acier A A', dénuées de tout magnétisme.

En L et T sont deux bornes métalliques auxquelles on fixe les extrémités du fil de la bobine B. Au-dessus de cette dernière est placée, à angle droit, une aiguille aimantée, pouvant parcourir un cadran gradué.

Pour employer l'appareil, Melsens reliait la borne L au paratonnerre et la borne T au sol. Le sens des déviations permet de connaître les cas où la terre foudroie le ciel, et ceux où le ciel ou les nuages foudroient les objets terrestres.

Le rhéélectromètre s'appliquant très bien, en raison de son peu de volume, de son prix modéré, de sa simplicité de construction, aux observations sur les fils télégraphiques ou plutôt sur les fils de terre des bureaux, son emploi a été prescrit depuis plus de dix ans sur les réseaux télégraphiques de Belgique.

Des remarques intéressantes ayant été faites au cours de cette longue période, Melsens songea tout naturellement à donner un développement plus grand à ce genre de recherches et dès l'ouverture de l'observatoire du Ventoux, un rhéélectromètre était installé sur le fil de terre de la station.

L'appareil qui a fonctionné pendant près de deux ans, sans accuser de défaillance, semble avoir perdu sa sensibilité primitive ; mais cela n'infirme en rien, hâtons-nous de le dire, la valeur du système.

Cette atonie semble simplement provenir d'un affaiblismement de l'aimantation de l'aiguille devenue *paresseuse*, suivant l'expression consacrée.

Il est un fait certain, c'est qu'au Ventoux, l'appareil accuse très fréquemment des passages de décharges violentes, bien que, d'après le stationnaire, les orages aient cessé de frapper l'Observatoire et le sommet de la montagne dans un rayon qu'il évalue à 800 mètres, depuis que les constructions, les appareils de la terrasse et la ligne de terre ont été armés de multiples aigrettes Melsens.

Paratonnerres Melsens. — On a beaucoup parlé des réseaux de parafoudres Melsens, enveloppant en entier plusieurs monuments de Bruxelles. Sans atteindre un développement aussi considérable que ceux-là, le petit réseau des fils de terre et des aigrettes de l'Observatoire du Ventoux est digne d'attention.

A tous les angles du bâtiment central, de la galerie couverte, des abris métalliques et des supports en fer placés sur la plateforme, on a fixé des aigrettes de dimensions variées, les unes courtes, trapues pour ainsi dire, montées sur consoles élégantes comme l'indique la figure 8, les autres atteignant jusqu'à 1 mètre de longueur.

Un modèle de grandeur moyenne sert, en outre, à armer la tête des potelets très courts (1 mètre environ) qui supportent les fils de terre.

Tous ces parafoudres sont reliés métalliquement, non pas par une tringle unique, mais par des fils de 8 m.m. de diamètre, courant d'un appareil à l'autre et soutenus comme il est dit plus haut, par une série de petits poteaux entre lesquels sont répartis comme prise de terre, de gros tuyaux en fonte.

Rien de plus simple comme installation et surtout rien de plus élégant et de plus ornemental que ces nombreuses aigrettes, dès qu'il se produit un effet de givre ou de verglas.

Chaque tige se charge, principalement du côté du vent, d'une série de lames de glace pleine de dessins capricieux et délicats, semblables à de fines feuilles de fougères se recouvrant partiellement; toutes ces lames se soudent à la base, formant un bloc qui empêche l'écartement des tiges, et cet ensemble de parafoudres oscillant sous le vent comme des aigrettes de diamants, légèrement noyé dans la buée qui traîne sur la cîme, se détachant sur le fond sombre, gris de fer, des grandes masses de nuages, présente un spectacle imposant. L'œil n'est pas seul satisfait, car si l'on constate, après chaque ouragan, l'absence de quelques tiges, on ne peut s'empêcher de remarquer qu'il en reste une quantité considérable, largement suffisante pour protéger toute la station, la plateforme et la ligne de terre.

A conditions égales, les paratonnerres à tige unique auraient cédé vingt fois, et une fois couchés, laisseraient l'Observatoire sans défense.

On peut juger *de visu* et sans même recourir au calcul, à quelles pressions anormales seraient soumis des paratonnerres ancien modèle, revêtus de gaînes de verglas de 15 à 20 *centimètres de rayon*, lorsqu'on examine les tiges partiellement arrachées aux aigrettes Melsens, par la violence du vent combinée avec le poids de la surcharge accidentelle. Ces tringles de 8 m.m. de diamètre à la base et de 6 m.m. en moyenne sont, non pas cassées nettement, mais ployées lentement, graduellement, et de droites qu'elles étaient, deviennent courbées à la base, affectant la forme en col de cygne d'un manche de canne au d'ombrelle. Beaucoup, nous le répétons, résistent et font l'office d'un gigantesque paratonnerre Bertsch dont quelques pointes seulement seraient émoussées, mais dont la plaque protectrice ne conserverait pas moins son efficacité.

On connaît l'importance d'une bonne communication à la terre dans les installations de paratonnerres et dans le montage des postes télégraphiques. A l'Observatoire du mont Ventoux, on s'est trouvé en présence d'une mauvaise terre, la cîme de la montagne ressemblant à une grande agglomération de cailloux brisés, comparée par beaucoup d'ingénieurs à un énorme talus de ballast.

Pour assurer aux parafoudres et au fil télégraphique une bonne communication avec le sol, on a dû prolonger les fils de terre jusqu'au point appelé « *Fontfiole* », distant de 700 mètres de l'Observatoire.

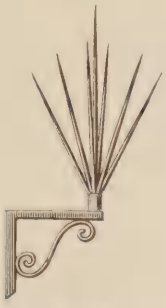


Fig. 8

Appliquant un des principaux dispositifs recommandés par Melsens et qui, croyons-nous, a été utilisé par M. Alluard à l'Observatoire du Puy-de-Dôme, on a construit une sorte de réseau à 2 fils de 8 m.m. sur appuis écartés de 25 mètres. Chaque appui est muni d'une aigrette. Un des conducteurs sert de fil de terre proprement dit, et l'autre relie toutes les aigrettes des appareils de la plateforme, ainsi que les 28 aigrettes armant les potelets de la ligne de terre, qui va de l'Observatoire à Fontfiole.

L'Observatoire, au sein de ce filet à mailles métalliques qui l'enveloppe, a jusqu'à présent échappé à tout foudroiement.

En raison de sa communication directe avec ce filet, le rhéélectromètre a pu accuser le passage et le sens de grandes décharges; mais, comme

dans la cage de Faraday, l'observateur n'a jamais éprouvé de commotions ni constaté l'influence de ces décharges sur les appareils.

La cime du Ventoux, jadis le rendez-vous des orages et fréquemment enveloppée d'éclairs, a été depuis l'installation du réseau Melsens, à l'abri de toute décharge.

Primitivement, il avait été question d'installer au Ventoux, des appareils de mesure électrostatique. Actuellement, il n'en existe pas d'autre que le rhéélectromètre.

D'autre part, bien que la montagne ait, à maites reprises, été agitée par des secousses de tremblement de terre, il n'y a pas de sismographe au Ventoux.

A cette heure, moins heureux que ses aînés du Pic du Midi et du Puy-de-Dôme, l'observatoire du Ventoux n'a pas encore acquis son entier développement et toute son importance.

Les dépenses considérables qu'il a fallu faire pour l'établissement d'une route convenable, pour la création du réseau télégraphique, etc. ; ont épuisé les fonds généreusement souscrits par le public. Les instruments faussés, brisés ou emportés par la tempête ont besoin d'être remplacés : les bâtiments ont beaucoup souffert, et, malgré son dévouement, l'observateur qui a eu maintes fois les mains gelées, a été forcé, pendant l'hiver dernier, d'abandonner son poste devenu absolument inhabitable.

Mais il est permis d'espérer que l'œuvre si brillamment commencée s'achèvera et que, lorsqu'il sera relié au réseau télégraphique, et par suite mis en rapport constant avec nos autres grandes stations météorologiques ainsi qu'avec celles de l'étranger, l'observatoire du Ventoux prendra, parmi elles, le rang important qu'il mérite d'occuper.

P. Marcillac

LA THÉORIE GEOMÉTRIQUE

DES TRANSFORMATEURS

M. Kapp, l'auteur bien connu de nombreuses études sur les machines dynamo-électriques, a publié dans l'*Industries* (8 avril 1887), une théorie géométrique des transformateurs qui n'a pas été suffisamment remarquée de ce côté du détroit et que nous croyons devoir faire connaître à nos lecteurs.

M. Kapp part du flux de force comme variable indépendante et calcule les autres grandeurs en fonction de celle-ci; les constructions graphiques lui fournissent ensuite un moyen de se donner, au lieu du flux de force, une quelconque des grandeurs et d'en calculer les autres.

Comme la plupart de ceux qui se sont occupés de générateurs et transformateurs à courants alternatifs, l'auteur est obligé d'admettre que le flux de force, et par suite, comme nous le verrons, toutes les autres quantités, varient suivant la loi du sinus; sans doute, cette supposition ne se trouvera vérifiée, dans la pratique, qu'approximativement. La fonction périodique qui représente la variation de la force électromotrice fournie par la machine à courants alternatifs au transformateur dépend de la longeur de la période, des dimensions et des formes des bobines inductrices et induites, des propriétés magnétiques du fer, de son degré de division, etc. et il serait probablement impossible de déterminer, dans chaque cas particulier, la vraie loi, de plus, les calculs deviendraient, dans la plupart des cas, impossibles à résoudre.

En admettant la variation suivant le sinus, on se trouve dans un cas moyen, et les déductions que l'on en tirera seront applicables à la plupart des autres. Il faut se rendre compte, en effet, qu'une différence, même notable, dans la forme de l'onde représentant la force électro-motrice, par exemple, peut ne pas changer beaucoup les résultats généraux, telles que la puissance et le rendement; ces derniers dépendant bien plus des valeurs extrêmes qu'atteint le flux de force et du nombre d'alternances, que de la manière dont ce flux varie dans l'intervalle.

Considérons seulement le cas des transformateurs à circuit magnétique fermé et soient :

l la longueur moyenne du circuit magnétique ;
S la section du fer ;
n le nombre de tours du circuit primaire;
i le courant primaire ;
n' i' les mêmes quantités pour le circuit secondaire ;
e la force électromotrice aux bornes du circuit primaire ;
e' la force électromotrice induite dans le circuit secondaire ;

r et r' les résistances du circuit primaire et secondaire.

Il faut chercher les relations existant entre ces différentes quantités.

On peut y arriver facilement en partant du flux total d'induction comme variable indépendante.

Nous ferons d'abord trois suppositions :

1° Que le fer se trouvera toujours suffisamment loin de la saturation pour pouvoir admettre la proportionnalité entre l'induction magnétique totale z et l'excitation ;

2° Que les effets de l'hystérésis sont négligeables;

3° Que l'induction totale z, qui est évidemment une fonction périodique, varie suivant la loi du sinus et peut être représentée par la formule

$$z = Z \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \qquad (1)$$

où T est la durée de la période et Z l'induction maximum ou l'amplitude.

La première de ces suppositions est, en général, justifiée, comme l'on pourra s'en rendre compte plus tard par le calcul des dimensions à donner au transformateur.

De même, la deuxième pour un fer doux de bonne qualité et bien divisé.

Quant à la troisième supposition nous en avons déjà parlé.

L'excitation qui produit l'induction z, est l'action différentielle des deux enroulements primaire et secondaire, on a donc :

$$4\pi(ni - n\ i') = \frac{z}{\mu \frac{S}{l}} \qquad (2)$$

ou μ est la perméabilié supposée constante.

Connaissant z, nous pouvons trouver la force électromotrice e' dans le circuit secondaire :

$$e' = n' \frac{dz}{dt} = \frac{2\pi}{T} n' Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

et le courant i'

$$i' = \frac{2\pi n'}{T r'} Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \qquad (3)$$

l'équation (2) devient

$$ni - \frac{2\pi n'^2}{T r'} Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = \frac{z}{\mu \frac{S}{l}} \frac{1}{4\pi}$$

et en remplaçant z par sa valeur.

$$ni = \frac{2\pi n'^2}{T r'} Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{Z}{\mu \frac{S}{l} 4\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \qquad (4)$$

Désignons par I' le maximum du courant secondaire

$$I' = \frac{2\pi n}{T r'} Z \qquad (5)$$

et par K la constante μ S/l qui ne dépend que du noyau de fer. L'équation pourra s'écrire

$$ni = n' I' \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{Z}{4\pi K} \sin \frac{2\pi t}{T}$$

mais le second terme peut s'écrire

$$n I \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \Phi\right)$$

où I est le courant primaire maximum; pour $t = o$ nous aurons

$$n I \sin \Phi = n' I'$$

et pour $t = \frac{T}{4}$

$$n I \cos \Phi = \frac{Z}{4\pi K}$$

d'où

$$\tang \Phi = \frac{n' I'}{\frac{Z}{4\pi K}}$$

et

$$n I = \sqrt{(n' I')^2 + \left(\frac{Z}{4\pi K}\right)^2}$$

Il nous reste à déterminer la force électromotrice e aux bornes du circuit primaire. Cette force

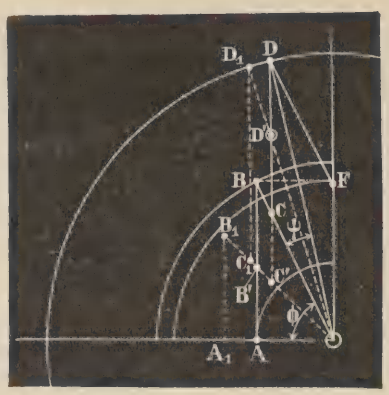


Fig. 1

électromotrice e se compose de la force contre-électromotrice

$$n \frac{2\pi}{T} Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

plus celle dépensée par le courant

$$r i = r \mathrm{I} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \Phi\right)$$

on aura donc :

$$e = n \frac{2\pi}{T} Z \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + r \mathrm{I} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \Phi\right)$$

mais cette formule peut s'écrire

$$e = \mathrm{E} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \Phi + \psi\right)$$

dans laquelle

$$\operatorname{tang}(\Phi + \psi) = \frac{\frac{2\pi}{T} n Z + r \mathrm{I} \sin \Phi}{r \mathrm{I} \cos \Phi}$$

et E, qui représente la force électromotrice maximum, est égal à

$$\mathrm{E} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{T} n Z + r \mathrm{I} \sin \Phi\right)^2 + (r \mathrm{I} \cos \Phi)^2}$$

La question se trouve donc résolue en partant de l'induction z, mais dans la pratique, en général ce n'est pas z qui est donné, mais bien la force électromotrice E du circuit primaire ou bien le courant, et il serait difficile de voir, d'après les formules, comment varient les autres quantités pour des changements de E ou de I; la représentation graphique de ces formules nous permet de résoudre la question plus aisément.

Admettons d'abord une certaine induction maximum Z ; l'excitation nécessaire sera

$$\frac{Z}{4\pi K}$$

Avec un rayon

$$OA = \frac{Z}{4\pi K}$$

traçons un cercle autour de l'origine O. Au point A élevons une perpendiculaire $AB = n' I'$, I' étant déterminé par la formule (5).

L'hypoténuse O B du triangle ainsi formé sera

$$AB = n' I'$$

$$= \sqrt{\left(\frac{Z}{4\pi K}\right)^2 + (n' I')^2} = n \mathrm{I}$$

et l'angle $AOB = \Phi$, en effet,

$$lg\, AOB = \frac{AB}{OA} = \frac{n' I'}{4\pi K} = tg\, \Phi$$

Si nous supposons maintenant que le rectangle A O B F tourne autour du point O sans se déformer, les ordonnées des points A, F et B donneront à chaque instant l'induction z, les produits $n' i'$ et $n i$ proportionnels au courants dans les circuits secondaire et primaire.

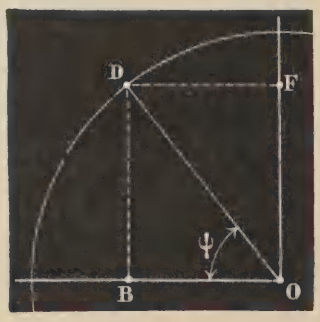


Fig. 2

Pour trouver la force électromotrice e aux bornes du circuit primaire, portons sur O B une longueur O C égale au maximum de la force électromotrice dépensée pour la production du courant primaire $OC = rI$ et de C, portons verticalement C D égal à la force contre-électromotrice dans le circuit primaire

$$CD = \frac{2\pi}{T} n Z$$

L'angle A O D sera égal à $(\Phi + \psi)$, en effet, l'ordonnée de D

$$= OC \sin \Phi + CD = rI \sin \Phi + \frac{2\pi n}{T} Z$$

et l'abscisse est

$$rI \cos \Phi$$

la tangente de l'angle A O D est donc

$$\frac{rI \sin \Phi + \frac{2\pi}{T} n Z}{rI \cos \Phi} = tg(\Phi + \psi)$$

la longueur de O D représente le maximum E de la force électromotrice ; en effet,

$$OD = \sqrt{\left(rI \sin \Phi + \frac{2\pi}{T} n Z\right)^2 + (rI \cos \Phi)^2}$$

égal, d'après la formule (6) à E.

Si la figure A B D F tourne autour de O sans se déformer, l'ordonnée du point A représente l'induction magnétique, celle du point F le courant secondaire, celle du point B le courant primaire et celle du point D la force électromotrice aux bornes du circuit primaire ; naturellement le tout à une certaine échelle.

Supposons maintenant que l'induction maximum Z varie ; $n' I' = AB$ variera proportionnellement, de même $nI = OB$, de même $OC = rI$ la force électromotrice dépensée par le courant et C D la force contre-électromotrice dans le circuit primaire.

C'est-à-dire que la figure entière augmentera ou diminuera, restant semblable à elle-même.

Réciproquement, si ce n'est pas Z, mais la force électromotrice E que l'on considère comme donnée, toutes les autres quantités varieront proportionnellement, à condition que les résistances des deux circuits ne changent pas.

Dans la pratique, il est important de connaître comment varie la différence de potentiel dans le circuit secondaire, lorsqu'on fait varier sa résistance r', en allumant plus ou moins de lampes par exemple.

Si l'on porte les forces électromotrices comme ordonnées et les courants I' comme abscisses, on obtient une courbe que l'on peut appeler par analogie la *caractéristique* du transformateur.

La forme de cette courbe dépend évidemment de la manière dont varient la différence de potentiel E et le courant I dans le circuit primaire.

Dans une distribution de transformateurs en série, on maintiendra, en général, le courant I dans le circuit primaire constant, tandis que dans le groupement en dérivation ce sera la force électromotrice E qui sera constante ; comme c'est le cas pour les distributions à courants constant en dérivation ou série.

1° — *Transformateur en dérivation*, E *constant*

Considérons d'abord un groupement en dérivation E = constante et voyons comment variera la force électromotrice E' dans le circuit secondaire. E' est proportionnelle à l'induction totale Z c'est-à-dire à OA, et peut être exprimée par OA en choisissant une échelle convenable. Supposons un instant que Z n'ait pas varié, mais que la résistance r' augmentant, le courant I ait diminué, de manière à ce que le point B descende en B', c'est-à-dire que

$$n' I' = AB'$$

nI sera alors égal à OB' et la force électromotrice correspondante OC, qui lui reste proportionnelle, deviendra OC'.

La force contre-électromotrice OF ne changera pas, c'est-à-dire qu'on aura $C'C' = CD$ et OD' représenterait la force électromotrice aux bornes; elle aurait donc diminué, mais comme nous savons qu'elle reste constante, nous n'avons qu'à agrandir la figure, de manière à ce que $OD_1 = E$; les autres longueurs OA_1 et A_1B_1 nous

donneront l'induction vraie Z, par conséquent, E′ et le courant vrai I′.

En calculant un transformateur, nous verrons plus loin que la force électromotrice OC perdue dans le circuit primaire pour entretenir le courant, est très faible comparativement à E et, dans beaucoup de cas, peut être négligée; alors la force contre-électromotrice OF = E et la force électromotrice du circuit secondaire $E' = \frac{n'}{n} E =$ constante. Le transformateur, comme les bonnes dynamos, est auto-régulateur.

2° — *Transformateurs en série I constant*

Si I reste constant, le rayon du cercle OB restera constant et nous pourrons calculer E′ et I′ d'après les côtés OA et AB de OAB, pendant que B se déplacera sur le cercle.

La caractéristique sera évidemment une ellipse, qui peut devenir un cercle dans certains cas.

Le courant secondaire atteindra son maximum pour $n' I' = nI$.

Dans ce système, le transformateur ne risque jamais d'être brûlé, mais il n'est pas autorégulateur, ni pour courant, ni pour potentiel constant ; il ne pourra donc être employé que dans le cas, où le travail à fournir est constant ; par exemple, s'il n'est destiné à alimenter qu'une seule lampe ou un système de lampes brûlant toutes à la fois.

Influence de la saturation. — Si la section du fer n'est pas suffisante, celui-ci peut approcher de son point de saturation ; c'est-à-dire que l'induction n'est plus proportionnelle à l'excitation, mais croît moins vite; la différence des ampères-tours des deux circuits $(n\,i - n\,i')$, augmentera plus vite que l'induction z, à mesure que le fer se saturera.

L'effet de la saturation est d'abaisser le rendement et la puissance du transformateur. Nous ne développerons pas les constructions qui, sans être difficiles, sont assez ennuyeuses, parce que ce cas n'a pas grande importance dans la pratique, l'aimantation restant, en général, au-dessous des valeurs pour lesquelles la saturation se ferait sentir.

La perte de travail provenant de l'hystérésis peut aussi être calculée, connaissant les propriétés du fer.

Pour fixer les idées et se rendre compte des grandeurs relatives des différentes quantités considérées dans la théorie de M. Kapp, que nous venons d'exposer, nous citerons les résultats numériques obtenus par le capitaine Cardew [1], en étudiant un transformateur Gaulard et Gibbs, au moyen du galvanomètre Cardew, à courants alternatifs.

Le poids du transformateur était de 90 kil.; le rapport du nombre de tours de fil du circuit primaire à celui du circuit secondaire était de 4 : 5.

La résistance des bobines primaires était égale 0,026 ohms.

La résistance des bobines secondaires était égale 0,036 ohms.

Le rendement η peut se calculer de la façon suivante :

$$\eta = \frac{\int_0^\pi e' i'}{\int_0^\pi e\, i} = \frac{E' I' \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha}{E I \int_0^\pi \sin\alpha \sin(\alpha + \psi)}$$

$$= \frac{E' I' \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha}{E I \left\{ \cos\psi \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha + \frac{\sin\psi}{2} \int_0^\pi \sin 2\alpha\, d\alpha \right\}}$$

mais

$$\int_0^\pi \sin 2\alpha\, d\alpha = 0$$

par conséquent

$$\eta = \frac{E' I' \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha}{E I \cos\psi \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha} = n = \frac{E' I'}{E I \cos\psi}$$

E′ I′ E et I sont les valeurs maxima; pour former le rapport, elles peuvent être remplacées dans la formule par les valeurs moyennes ; ce sont celles qui sont données par les instruments de mesure.

E et E′ doivent être mesurés aux bornes des circuits primaire et secondaire.

---

(1) Voir *The Electrician*, 8 juillet 1887.

Les observations réunies dans le tableau ont été exécutées par le capitaine Cardew avec un galvanomètre pour les volts et un électro-dynamomètre Siemens à gros fil pour les ampères.

Nombre de lampes dans le circuit secondaire		Courant		Volts		Angles Φ et Ψ			Rendement extérieur en o/o
		Primaire	Secondaire	Primaire	Secondaire	Ψ	Φ	Ψ + Φ	
						° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
1re série...	20	55.3	40.6	50.5	61	22 26	67	89 26	95.9
	11	42.4	23.1	50.5	60.25	46 16 30	42 55 20	89 11 50	94
	7	40.4	15.3	50.5	61.5	60 49 10	28 15 10	89 4 20	94.6
2e série....	14	43.9	28.8	46.75	55.75	34 12 10	55 5 20	89 17 30	94.6
	21	52.3	38.16	43.5	50.5	23 50 30	65 30	89 20 30	92.6
	17	53.5	33.5	47	55.5	37 33 20	51 30 30	89 3 50	93.27
	13	38 2	25.14	45	54.5	34 0 50	55 21	89 21 50	96.16
	9	33.3	17.35	47.25	57	48 39 25	40 38 15	89 17 40	95.15
	23	60.2	40.2	42.5	50	32 23 10	56 35 10	88 58 20	93
3e série....	23	56.7	41.83	43.5	51.5	22 8	67 12	89 20	94.3
	15	49	34.04	52	63.5	29 7	60 16	89 23	97.15
	12	46.4	29.81	56	68.5*	35 58 45	53 25 25	89 24 10	89.39*
	9	42.9	20.39	50	60.6	52 39 50	36 26 40	89 5 30	95
	6	41.1	16.68	56	69.5	58 41	30 29	89 10	96.94
	3	39.6	7.9	64	79	74 46 10	14 26 25	89 12 35	93.74
	0	41.8	0.2**	61.2	77	88 45 25	0 20 35	89 6	27.76**
	6	41.9	16.32	50.25	61.33	59 54 10	29 8 10	89 2 20	94.8

Nous pouvous appliquer les constructions développées plus haut à un électro-aimant avec circuit magnétique formé d'un seul enroulement, en posant dans les formules $r' = \infty$, $I' = o$; l'angle Φ devient aussi nul.

Le point B se trouvera alors sur l'axe des X (fig. 2), OB = IR, en faisant BD = OF = force contre-électromotrice, on aura OD comme force électromotrice totale aux bornes.

L'angle ψ sera égal à BOD.

Si le triangle BOD tourne autour de O sans se déformer, les ordonnées simultanées de B et D donneront le courant et la force électromotrice aux bornes.

Il est intéressant de comparer l'énergie perdue dans cette bobine à celle que l'on perdrait dans la même résistance sans self-induction.

S'il n'y avait pas de self-induction, le travail dépensé dans cette résistance serait proportionnel à

$$T_1 = \int e\,i = E_1 I_1 \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha = \frac{E_1^2}{r} \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha$$

tandis que dans la bobine avec self-induction

$$T = \int e\,i = E\,I \int_0^\pi \sin\alpha \sin(\alpha + \psi)\, d\alpha$$

$$= E\,I \cos\psi \int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha$$

On peut facilement donner à la bobine des dimensions telles que OB, la force électromotrice perdue par le courant, soit très faible comparativement à OF, la force contre-électromotrice; l'angle ψ est alors voisin de 90°.

On voit alors parfaitement que pour une même force électromotrice aux bornes T est beaucoup plus faible que T_1 et peut devenir jusqu'à cent fois plus faible, et là où une bobine sans self-induction pourrait produire un court-circuit dangereux, une bobine avec self-induction peut être placée sans danger ; nous verrons plus loin l'application de cette propriété.

W. C. Rechniewski

LA

SÉCURITÉ DANS LES THÉATRES

Depuis quelque temps une rage d'incendie sévit sur les théâtres. La multiplication des catastrophes se suivant à des intervalles si rapprochés, aussi terribles les unes que les autres, doit rendre soucieuses les Directions d'un tel genre d'exploitation.

L'intérêt humanitaire finira par être pris en considération en raison même des préoccupations mercantiles qui interviennent dans la question.

Le récent sinistre d'Exeter met en relief cette excellente tendance.

Les journaux de Londres publient d'abondants avis des directeurs de théâtre annonçant tous que la sécurité est complète chez eux.

L'un vante l'efficacité de son rideau de fer, l'autre les judicieuses dispositions de son éclairage électrique, un troisième rappelle les nombreuses modifications introduites dans l'immeuble qui en rendent les dégagements et issues faciles et avenants.

Il faut, en effet, que le public sache s'il est accueilli dans une maison hospitalière ou s'il est exposé à rester dans la fournaise.

Un passé plein d'horreur l'a instruit et la méfiance s'impose.

La question de la sécurité dans les théâtres et grandes salles de spectacles est extrêmement complexe, elle demande à être fouillée dans chacun de ces détails. La preuve en est que chaque sinistre nouveau décèle des imperfections de détails, — mais notables par leurs conséquences, — dans les précautions prises et les moyens mis en usage pour combattre le fléau du feu.

La partie du théâtre la plus exposée au danger, c'est la scène et ses dépendances. Tout a été dit à ce sujet, il n'y a plus à y revenir.

Les partisans de l'introduction du gaz dans les théâtres, comme moyen d'éclairage, prétendent qu'il n'est pas le seul agent dangereux, que les enquêtes instituées après l'incendie ne sont pas parvenues à prouver, avec quelque fondement, qu'il en était l'auteur inconscient.

Lorsque le colonel des sapeurs-pompiers de Paris déclare, dans son rapport sur la catastrophe de l'Opéra-Comique, qu'une herse avait *filé*, ils feignent de ne pas comprendre; bien plus, pour eux, cette expression est dénuée de sens.

Nous admettons volontiers, parce que c'est la vérité, qu'il y a sur une scène d'autres causes d'inflammation que le gaz, telles que les feux d'artifice, les flammes mobiles aux mains des figurants.

Mais tous ces foyers sont de même nature que toutes ces petites flammes vagabondes qui composent l'ensemble des herses, c'est-à-dire qu'elles ont une grande capacité incendiaire. Les divers modes de protection dont on les entoure, treillages, toiles métalliques, pour les éloigner du contact des objets avoisinants sont absolument inefficaces.

Si les feux nous offrent une si grande somme de dangers dus tant à leur facile mobilité qu'à leur grande capacité incendiaire, la première condition de sécurité à prescrire est d'en restreindre l'emploi.

Le peut-on?

Il y a quelques années à peine, la réponse à cette question eut été négative. Aujourd'hui, grâce aux progrès surs et rapides de l'industrie électrique, l'hésitation n'est plus permise. Bien plus, l'hésitation de quelque nature qu'elle soit, sur quelque raison spécieuse ou d'ordre secondaire qu'elle s'appuie, devra être taxée de coupable; étant universellement reconnu que l'introduction sur la scène des lampes à incandescence dans le vide conjure tout espèce de danger d'incendie.

Après cela, il est presque banal de réclamer le bannissement absolu du gaz des théâtres et des salles de spectacle.

Le gaz menacé dans sa clientèle réplique que le feu peut naître d'un développement de chaleur excessif dans les conducteurs électriques et se propager ensuite aux corps voisins aisément combustibles, ou bien encore peut provenir des foyers des générateurs à vapeur.

Cette dernière circonstance sera assurément écartée si l'on installe les machines dans un endroit éloigné et indépendant du théâtre; ce serait ainsi la solution radicale. Le système des chaudières tubulaires a eu pour première conséquence heureuse de rendre de plus en plus rares les chances d'explosion et, en tout cas, d'en localiser et d'en annihiler les effets destructeurs. Pour cette raison, si les frais d'établissement de la machinerie en dehors de l'immeuble devenaient par trop

onéreux pour en rendre l'application impossible, les souterrains des théâtres convenablement voûtés présenteront généralement les garanties de sécurité désirables.

Quant aux conducteurs d'électricité, calculés de capacité suffisante pour le passage du courant, ils seront pourvus du meilleur isolement, obtenu avec l'asbeste, par exemple, et, autant que possible, passés dans des conduits éloignés des matériaux inflammables.

Avec l'éclairage électrique, est-il besoin de le rappeler, les conditions d'une bonne hygiène ne seront plus aussi insolemment méconnues; le bien être s'en trouvera augmenté dans une judicieuse mesure et le spectateur se sentira un peu soulagé de respirer un air qui n'a pas encore servi à d'autres usages.

Reste maintenant la question de l'ininflammabilité des décors. Elle n'est pas insoluble évidemment, toutefois elle est entourée de difficultés d'ordres divers.

Gay-Lussac avait autrefois défini les conditions dans lesquelles cette incombustibilité tant convoitée pouvait être réalisée :

1° Envelopper les filaments de manière à les préserver du contact de l'air ;

2° Employer des produits qui dégagent des gaz nuisibles à l'extension de la combustion.

Sur ce terrain, les chimistes ont à lutter avec les peintres décorateurs. Ceux-ci. très jaloux de leur art, n'acceptent pas avec enthousiasme des toiles imprégnées de sels chimiques pouvant donner lieu à des altérations de coloris qui détruiraient leurs effets et les forceraient par conséquent à rechercher d'autres procédés de peinture.

Cette question de l'ininflammabilité des toiles de décors est de la plus haute importance. Tant qu'elle n'aura pas reçu de solution pleinement satisfaisante s'étendant, non seulement aux décors nouveaux, mais aussi au matériel ancien, l'espoir de voir disparaître les incendies de la scène nous est interdit.

En effet, les exigences scéniques modernes entraînent forcément une grande figuration dont les évolution s'accomplissent sur un terrain nécessairement circonscrit au milieu des feux d'artifice et d'une multiplicité de torches à flamme vacillante. Le péril est à tous les instants imminent.

Le feu sur la scène, c'est la panique dans la salle avec toutes les calamités qui en découlent.

Pour obvier à ce danger, on a résolu de séparer totalement ces deux parties par un rideau de fer plein, parfaitement étanche, qui s'abaisserait à la première alarme. La scène se trouverait ainsi investie et le foyer de propagation du fléau serait circonscrit.

La précaution est évidemment salutaire, à une condition toutefois, c'est que la descente du rideau s'effectue au premier moment de l'incendie, c'est-à-dire au premier moment où la combustion des premiers lambeaux de décors produit des torrents de fumée susceptible d'envahir la salle.

Les commissions instituées dans le but de rechercher les moyens les plus efficaces pour prévenir les incendies dans les théâtres, et aussi pour en localiser les effets dévastateurs, dans le cas où ils se déclarent quand même, ont, je crois, admis l'ouverture de vantaux dans les combles de la scène destinés à l'évacuation prompte des fumées axphyxiantes.

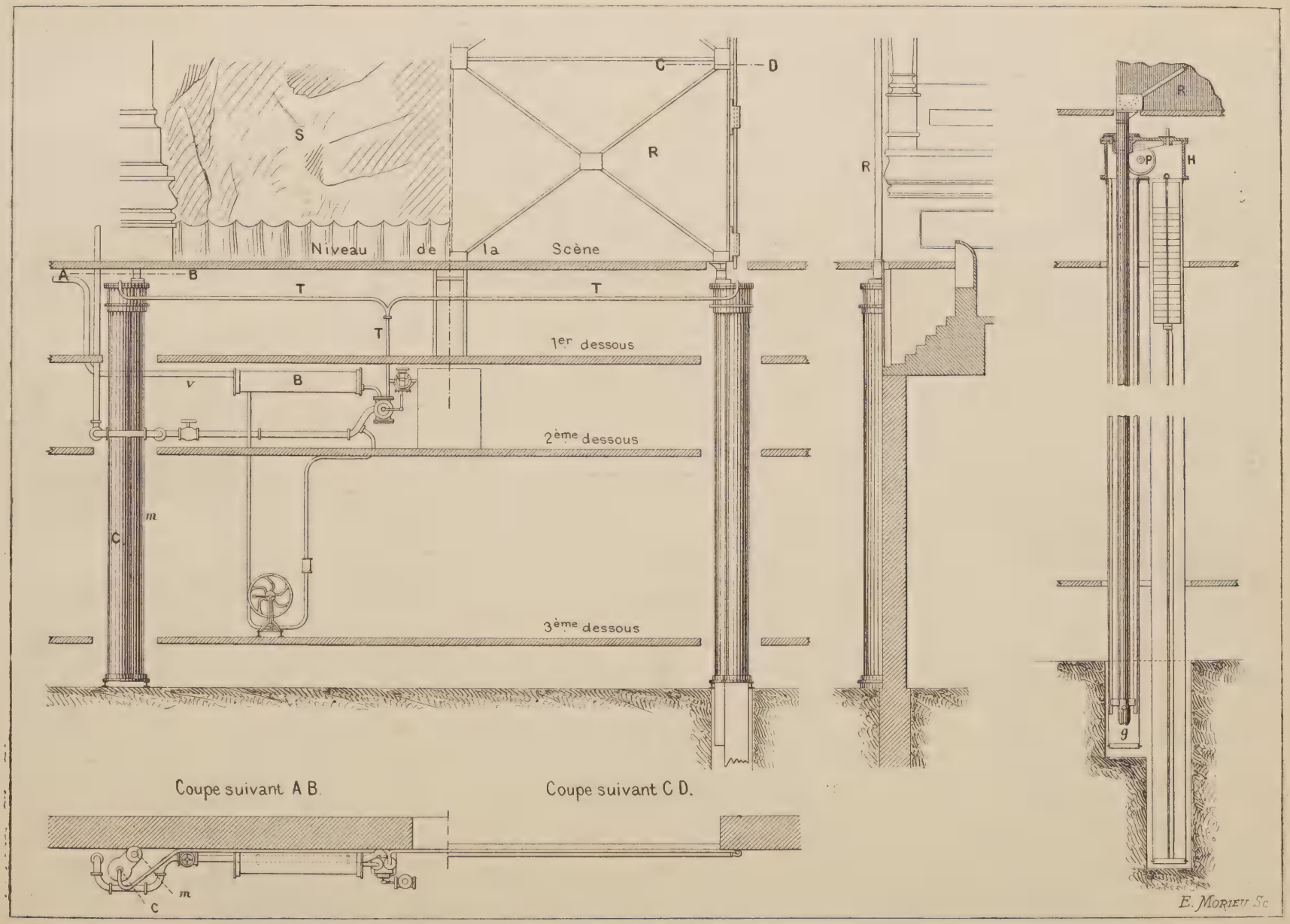
Cette mesure sera illusoire et peut-être même dangereuse si les vantaux et le rideau de fer ne se manœuvrent pas simultanément, parce que, en vertu de la différence de densité de l'air extérieur et intérieur, si les vantaux seuls sont ouverts avant le baisser du rideau, les fumées seront refoulées vers les spectateurs. En présence de ce grave inconvénient, d'aucuns ont également préconisé des vantaux dans la salle, manœuvrés simultanément avec ceux des frises de la scène et le rideau.

Se conformant aux instructions données par la commission des théâtres, l'administration de la Comédie-Française à Paris, a fait installer un rideau de fer plein, susceptible d'être commandé à distance. C'est à M. Edoux qu'ont été confiés le soin et la direction des travaux.

Ce constructeur a désigné son système sous le nom d'ascenseur hydro-électrique.

Le treuil qui sert à la manœuvre des anciens rideaux est supprimé ici, et est remplacé par la force de l'eau sous pression qui soulève le poids des pistons et du rideau.

Le principe de l'ascenseur hydraulique système


S
C
D
R
Niveau de la Scène
A
B
T
T
T
1er dessous
v
B
2ème dessous
m
C
3ème dessous
Coupe suivant A B.
Coupe suivant C D.
m
C
R
R
P
H
g
E. Morieu Sc

Edoux consiste à équilibrer par chaînes et contrepoids flotteur les pistons et les charges qu'ils portent. Le résultat de ce mode d'équilibrage est de réduire le poids mort et d'obtenir la plus forte économie possible de force motrice à chaque mouvement ascensionnel. Cette considération est d'une haute importance si on songe que, pour le cas actuel du Théâtre-Français, la surface de la baie de la scène étant de 130 mètres carrés, le poids du rideau plein est d'environ 6000 kilogrammes.

La planche ci annexée montre le dispositif d'ensemble de l'installation.

D'abord une vue de face où ne figure qu'une partie du rideau R, qui est coupé pour laisser voir la scène S. A droite et à gauche, aux deux extrémités du rideau et immédiatement en-dessous les cylindres C des pistons plongeurs auxquels sont accolés les cylindres *m* des contrepoids. TTT, désigne la tuyauterie amenant aux cylindres l'eau provenant du distributeur placé en-dessous. Celui-ci est représenté à une plus grande échelle dans la figure 1 ; nous reviendrons dans un instant sur son fonctionnement. Enfin B est la bâche de déversement de l'eau d'évacuation pendant la descente des pistons.

Une section verticale suivant un plan passant par les axes des deux cylindres C *m* est représentée par la figure de droite de la planche. Elle montre la tige de l'ascenseur supportant une extrémité du rideau R. Une chaîne d'une seule longueur passe en *g* au pied de cette tige, s'enroule sur une poulie de transmission P placée dans un caisson métallique H à la partie supérieure des cylindres, pour venir se rattacher au contrepoids qui se meut dans le cylindre latéral *c*. La pression de l'eau est la même dans les deux cylindres.

L'examen de la figure 1 nous permettra de saisir le mécanisme de distribution de l'eau. Elle est obtenue par l'intermédiaire du petit moteur hydraulique M à double effet.

A cette fin, la clef de la valve de distribution V est munie d'un levier L, constamment horizontal dans la position de repos, qui s'articule sur la tige T attelée au piston P du moteur. Celui-ci est pourvu, au milieu de sa hauteur, d'un robinet R auquel sont amenés quatre tuyaux. Deux d'entr'eux *c*, *c'* conduisent l'eau en pression aux deux extrémités du cylindre, le troisième A amène l'eau au robinet R, enfin, le quatrième non visible sur le dessin concourt à l'évacuation.

L'admission de l'eau est donc dépendante de la manœuvre du robinet R qui est sollicité à se mouvoir vers la droite ou vers la gauche par la chute des marteaux *l'* ou *l* déterminée par un déclanchement électrique.

Pour cela, l'axe du robinet R est solidaire d'un disque garni d'ergots ; de part et d'autre des faces

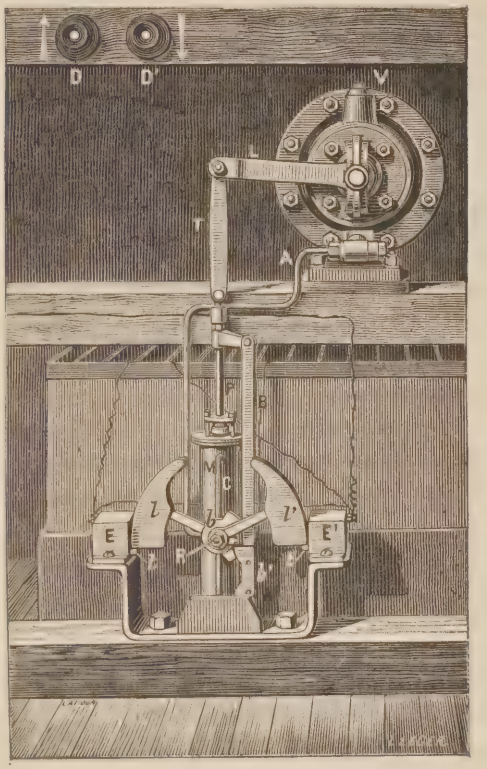


FIG. 1

de ce disque en existent deux autres à rotation libre sur l'axe et qui portent chacun un levier terminé par les lentilles *l*, *l'*.

Au repos les marteaux reposent sur leurs taquets *t*,*t'* émergeant des boîtes E,E' contenant les électro-aimants déclancheurs. Vient-on alors à appuyer sur le bouton D par exemple, un courant passe dans un des électro-aimants déclancheurs, le marteau correspondant tombe, son disque tourne et grâce à ses ergots le disque faisant corps avec l'axe du robinet suit le mouvement du premier pour déterminer l'ouverture de ce robinet.

L'eau est, par ce fait, admise sur l'une des faces

du piston dont la tige P se meut pour ouvrir la valve V.

Cette eau, en pression, est envoyée dans les cylindres des pistons plongeurs de l'ascenseur, celui-ci s'élève.

En agissant sur le bouton D', l'autre déclanchement fonctionne, l'échappement a lieu et le mouvement inverse se produit.

Les marteaux sont rétablis sur leurs taquets à l'aide de la tringle verticale B rattachée au piston P dont elle suit tous les mouvements. Elle porte des cames et des butées *b'* correspondant aux contre cames et aux contre butées *b* des disques fous des marteaux *l*, *l'*. Dans ses excursions, cette tringle saisit le disque du marteau dont la chute a occasionné le mouvement et le remet sur son taquet. Tout ce jeu de fer, est parfaitement réglé. L'eau employée est celle de l'alimentation générale de la Ville de Paris, dont la pression est de 3 à 4 atmosphères. En cas de manque de pression, par suite d'accidents dans les conduites, des réservoirs d'eau sont prévus et installés dans les combles avec un emmagasinement de liquide suffisant pour faire face aux besoins de la manœuvre du rideau pendant toute une soirée. Si, encore, cette dernière ressource venait à faire défaut, on y substitue une pompe qui puise l'eau dans la bâche de déversement B pour la refouler dans la tuyauterie. Toutes les garanties d'un fonctionnement certain sont ainsi réunies.

Deux boutons de contact sont nécessaires. L'un est à la portée de la main du chef d'orchestre. On peut en installer un nombre arbitraire et en des points quelconques de l'immeuble, dans la loge du concierge notamment pour répondre à l'annonce d'un incendie aperçu de l'extérieur. Quatre éléments Leclanché suffisent à la production du courant.

Quant aux électro-aimants déclancheurs, il y en a de différents systèmes. Nous décrirons simplement celui de M. Adam que nous avons vu et dont la figure 2, donne la vue d'ensemble et la figure 3 les détails du déclancheur proprement dit.

Le principe de cet appareil procède de la gâche électrique du même constructeur. Sa sensibilité est très grande.

Il consiste en un électro-aimant à une bobine dont un seul pôle P est utilisé. Devant ce pôle oscille autour d'un axe vertical *e*, une armature A de forme trapézoïdale. Un ressort antagoniste R oblige l'armature à s'éloigner du pôle pour venir s'asseoir en *p* sur l'angle de la pièce *c* qui elle, s'appuie sur le bras de levier du taquet T oscillant autour de l'axe horizontal *a*,*a*.

Lorsque l'électro-aimant E n'est animé par aucun courant, l'armature A maintient le taquet T

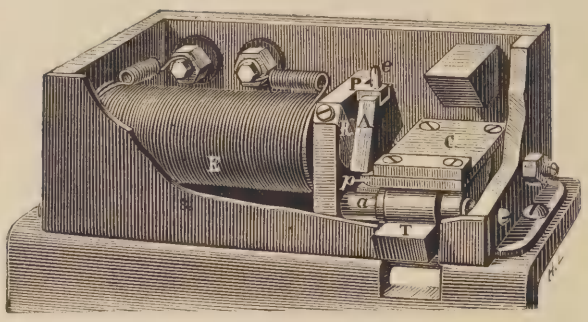


Fig. 2

dans sa position horizontale de repos comme l'indique la figure 2. Dès qu'un courant passe, l'armature attirée se déplace de sa position d'arrêt en *p*, et la pression exercée en T par le contrepoids à lentille dont nous avons parlé tout à l'heure décide le mouvement de rotation du taquet autour de son axe, ainsi que l'explique la figure 3.

Le mouvement n'est arrêté que lorsque la pièce de recouvrement *c* a rencontré le butoir biseauté planté au-dessus d'elle.

Pendant la chute des marteaux *l l'* le taquet T s'efface mais continue à glisser sur leur partie in-

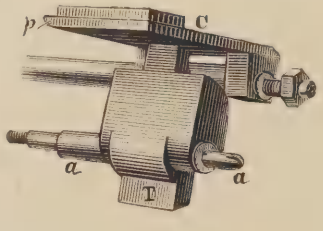


Fig. 3

curvée pour reprendre ensuite automatiquement par le jeu naturel des organes, la situation horizontale lorsque les marteaux ont été relevés

En résumé, ce mécanisme combiné avec le moteur hydraulique Edoux permet d'opérer rapidement et sans bruit, l'ascension et la descente du rideau.

Sur ce rideau a été marouflée une grande toile décorative, représentant un portique à colonnade

où l'on croit reconnaître les galeries du Jardin du Palais-Royal. A l'avant-plan, les bustes de Corneille, Molière, etc , vers lesquels une femme avec des ailes dans le dos, tend une couronne de lauriers.

Ce décor est d'un très puissant effet.

E. Dieudonné

LA

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE [1]

DEUXIÈME PARTIE

COMPOSITION ET FABRICATION DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

a. — Jonction des cuivres

La gutta des deux âmes à souder est enlevée à chaque extrémité (fig. 141), de manière à mettre le conducteur en cuivre à nu sur une longueur de 0,04 m. environ. On a soin d'opérer avec les précautions nécessaires pour que les brins de cuivre ne soient pas tailladés par le couteau; s'ils étaient entamés accidentellement, on devrait, sans hésitation, enlever à la pince coupante le bout d'âme dénudé et recommencer la taille de la gutta sur une partie nouvelle d'âme.

Les différents brins de la cordelette de cuivre sont alors nettement séparés les uns des autres en forme d'éventail et nettoyés chacun séparément, soit avec du papier d'émeri à grain très fin, soit avec le dos de la lame d'un couteau.

Le soudeur se lave les mains très proprement, et après les avoir essuyées, les plonge dans un un bain de naphte qu'il laisse s'évaporer à l'air de manière à avoir les doigts parfaitement secs. Il trempe également dans la naphte les fils de cuivre et les laisse sécher.

Il refait ensuite, à l'aide d'une petite pince plate d'horloger, les torsades primitives sur un tiers environ de la longueur des brins de cuivre, dans le sens même de leur câblage, et en ayant soin de reconstituer une spire d'un pas égal à celui du toron fait en fabrique.

Cette première partie de l'opération est com-

Fig. 141

mune à tous les procédés de jonction des cuivres. Différentes manières donnant toutes de bons résultats peuvent être employées pour marier ensemble es deux torons :

1° Les sept brins de chaque conducteur sont séparés en deux faisceaux (fig. 142), l'un de trois, l'autre de quatre fils; tous les brins sont étalés en éventail et les deux groupes placés à un intervalle angulaire triple environ de celui correspondant, à la largeur de l'un des groupes. Les torsades en cuivre des deux âmes sont amenées en contact de telle sorte que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre et que les quatre faisceaux de brins de cuivre s'entrecroisent. Ils sont tordus à la main alternativement autour des deux

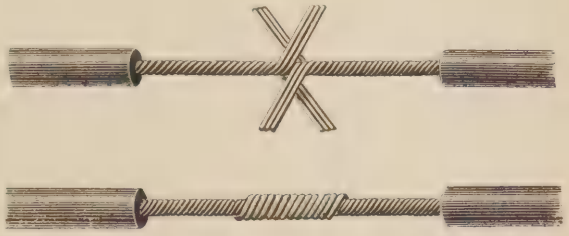


Fig. 142

conducteurs sans se recouvrir ; l'excédent est coupé avec une pince. Pendant que l'on tient ensuite d'une main, solidement, avec une forte pince plate, le milieu de la ligature, on tord, de l'autre main, avec une petite pince semblable, successivement chaque partie de la torsade, de manière à assurer un bon contact entre les brins des anciens faisceaux et les torons centraux et à donner à l'ensemble une disposition régulière ;

[1] On donne quelquefois le nom de *module de rupture* à la longueur de câble, suspendue verticalement dans l'eau, dont le poids détermine la rupture du câble au point de suspension.

2° Les fils ayant été préparés, comme ci-dessus, on coupe le brin central et on dispose les autres en forme de cône (fig. 143) : on les enchevêtre ensuite les uns dans les autres, de telle sorte que chaque brin de l'un des torons soit compris entre deux brins de l'autre toron. On amène au contact les têtes des deux cordelettes, et on enroule bien symétriquement en hélice les fils du premier cône sur le second toron et inversement. L'enroulement est d'abord fait à la main, puis consolidé et régularisé à l'aide de pinces plates.

Ces deux méthodes, quoique donnant d'excellents résultats au point de vue du contact des cuivres et de la résistance mécanique de la jonction, augmentent dans une large mesure le diamètre du conducteur ; cet inconvénient moins sensible pour les câbles souterrains, l'est d'avantage pour les câbles sous-marins, dont l'âme doit être enfermée dans une armature en fer de diamètre déterminé. Aussi emploie-t-on pour ceux-ci de préférence l'un des trois procédés suivants :

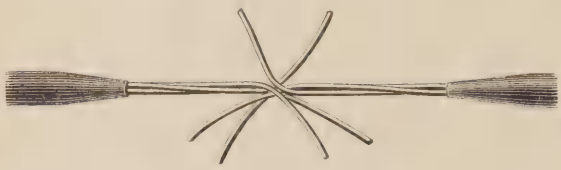


Fig. 143

3° Les torsades des deux torons étant refaites sur les deux tiers de leur longueur, on coupe sur l'un d'eux trois brins en alternant les fils conservés et les fils coupés et on place les quatre autres parallèlement à l'axe du conducteur ; on coupe ensuite les quatre brins correspondants du second conducteur et on place parallèlement à l'axe les trois brins restants, en ayant soin de leur donner exactement la même longueur qu'aux quatre brins libres du premier toron. Les deux âmes sont rapprochées, chaque fil est introduit dans l'intervalle libre entre deux fils de l'autre toron et poussé à refus jusqu'au contact de la torsade opposée. On enveloppe le tout avec un fil de cuivre très fin que l'on enroule en hélice sur la jonction, et, de chaque côté de celle-ci, sur une longueur de la torsade égale à la jonction même ;

4° Les torons (fig. 144) sont refaits soigneusement sur toute la longueur du conducteur, mis à nu et limés en sifflet sur un tiers de leur étendue. Les extrémités de ces torsades ayant été décapées avec les précautions qui seront indiquées plus bas, on y applique un peu de soudure d'étain; lorsqu'elle est refroidie, on lime chaque partie de façon à en enlever toutes les aspérités et à obtenir des biseaux dont l'extrémité soit bien effilée. On engage chaque torsade dans l'un des étaux du chevalet et on superpose les deux biseaux en les serrant fortement l'un contre l'autre. Par dessus la jonction, et, de chaque côté, sur une longueur égale à celle-ci, on enroule un petit fil de cuivre (fig. 145) destiné à maintenir la communication dans le cas où la soudure des parties biseautées viendrait à manquer. On soude ensuite les deux parties amenées au contact l'une de l'autre ;

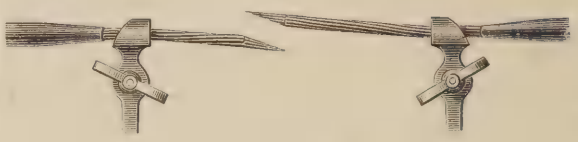


Fig. 144

5° Les deux torons sont placés sur le chevalet et rapprochés de manière à se superposer sur une moitié de leur longueur. On y choisit deux brins de cuivre formant l'un la continuation de l'hélice de l'autre et on les coupe en les faisant déborder de 2 millimètres environ l'un sur l'autre. On en lime les bords en sifflet, puis on les replace dans la position qu'ils occupent normalement sur le conducteur; les parties biseautées sont appliquées l'une contre l'autre, et maintenues en place à l'aide d'un petit fil de cuivre très fin dont les bouts restent libres. On soude à l'étain la jonction ; lorsqu'elle est froide, on déroule sans difficulté le fil fin, on lime les bords de la soudure, et on obtient un brin de cuivre du conducteur reconstitué. On opère de même avec les autres fils, en ayant soin d'espacer les soudures de façon à ce qu'elles soient uniformément réparties dans l'étendue de 2 centimètres où les deux torons se recouvrent. Il faut un ouvrier très exercé pour savoir bien choisir les brins de chaque cordelette qui doivent reconstituer natu-

Fig. 145

rellement le conducteur et surtout couper les fils à des longueurs telles qu'après la soudure, ceux-ci reprennent leur place dans le toron sans qu'aucun d'eux ne soit ni trop court ni trop long.

Cette méthode qui a été appliquée d'abord par M. Richard, à l'usine de Bezons, est incontestablement supérieure à toutes les autres : le conducteur est très flexible à la jonction, aussi résistant en ce point que dans les parties non soudées, (les fils ainsi traités, lorsqu'ils sont soumis à des essais de traction, cassent généralement en dehors de la soudure), d'un diamètre enfin exactement égal à celui du conducteur normal. Elle réunit conséquemment l'ensemble des conditions que l'on doit se proposer d'atteindre.

Soudures à l'étain. — Les jonctions une fois faites sont soudées à l'étain. Cette précaution, absolument indispensable si l'on réunit les fils suivant les 4e et 5e méthodes que nous venons d'exposer, a, dans les trois premières, l'avantage d'assurer toujours un bon contact métallique; les variations de température tendent en effet à écarter l'une de l'autre les spires entrecroisées des fils non soudés et conséquemment à augmenter la résistance du conducteur en ce point. Tout le monde connait les différences que présentaient, souvent dans une même journée, les anciens fils télégraphiques aériens, dont les bouts étaient simplement tordus l'un autour de l'autre sans interposition de soudure, et les difficultés de travail qui en résultaient. Un effet analogue serait à craindre pour les câbles sous-marins qui, essayés à 24° centigrades, sont immergés dans les profondeurs de la mer où ils peuvent trouver des températures de 2 à 3° centigrades seulement.

Le conducteur prêt à être soudé, est nettoyé avec un peu d'esprit de bois ou de naphte, puis saupoudré à la main de résine ou mieux de stéarine. On prend à l'aide d'une cuiller une petite quantité de soudure d'étain que l'on a fait fondre préalablement dans une grande poche et on la verse à plusieurs reprises en filets très minces sur la torsade, jusqu'à ce que tous les intervalles en soient bien remplis. Immédiatement après, on frappe deux ou trois petits coups sur le câble pour en faire tomber les gouttelettes d'alliage non adhérentes et on recouvre le conducteur d'un linge mouillé préparé à l'avance, pour éviter le retrait de la gutta-percha. On donne un coup d'une lime à grains très fins sur la partie soudée, lorsqu'elle est refroidie, de manière à en enlever toutes les aspérités et on procède à la soudure de l'enveloppe isolante.

b. — Soudure des âmes en gutta-percha

Les soudures des âmes recouvertes de gutta-percha sont généralement faites à autant de couches de gutta qu'il en a été appliqué sur le conducteur en cuivre, pendant la fabrication de l'âme. L'ouvrier commence par couper sur des rouleaux de gutta-percha de largeurs et d'épaisseurs convenables, des bandes ayant les dimensions voulues pour la couche à laquelle elles doivent correspondre. Pour des âmes de dimensions moyennes, ces bandes ont :

La 1re	0,07 m.	de long sur	0,015 m.	de large
La 2e	0,09	—	0,02	—
La 3e	0,11	—	0,025	—

leur épaisseur est uniformément de 1 millimètre.

Les extrémités de la gutta sont taillées en forme de crayon, pour éviter de marier avec la gutta neuve les parties qui ont supporté la chaleur de la soudure à l'étain et dont les propriétés ont par suite pu être altérées. On réchauffe ensuite légèrement le conducteur métallique en agitant en dessous la flamme de la lampe à alcool, mais en évitant avec beaucoup de soins tout contact de la flamme avec la gutta.

Pendant ce temps, l'aide soudeur ramollit au-dessus de la lampe l'extrémité d'un bâton de Chatterton; le soudeur tamponne modérément avec ce bâton le conducteur en cuivre et en étend les parties restées adhérentes sur tout le conducteur en cuivre mis à nu, à l'aide d'un fer à polir chauffé à la lampe. Le fer en sortant du chapeau doit toujours être essuyé sur des chiffons très propres, avant d'être mis en contact avec le Chatterton ou la gutta.

On chauffe les bouts des enveloppes de gutta à raccorder, en promenant en dessous, et toujours à distance, la lampe à alcool. On ramollit ainsi, de chaque côté de la soudure, environ 2 centimètres de gutta que l'on tire immédiatement

après l'une vers l'autre, avec les doigts légèrement humectés de salive pour que la gutta ne puisse y coller. On réchauffe une seconde fois la gutta, s'il en est besoin, et on recouvre ainsi le conducteur d'une première couche très mince de matière isolante (fig. 146).

Cette première couche est tamponnée légèrement et à plus larges intervalles que le conducteur en cuivre, avec le bâton de Chatterton chauffé de nouveau à la lampe ; la composition est étendue et égalisée au fer sur la gutta. Pendant ce temps, l'aide a saisi avec une petite pince plate l'un des coins de la bande la plus courte et la plus étroite de gutta et l'a ramollie au-dessus de la lampe, en évitant de la surchauffer. Le soudeur la prend avec les doigts toujours légèrement humectés de salive, et l'applique, à la main, et par en dessous, contre l'âme du câble ; les bords en sont relevés de chaque côté et pressés l'un contre l'autre, de manière à envelopper complètement l'âme. Le soudeur serre ces bords vigoureusemeut

Fig. 146

entre ses doigts pour obtenir une adhérence bien complète de la nouvelle bande à l'ancienne gutta et tire à lui l'excédent de matière qu'il coupe avec une paire de ciseaux courbes dont il a passé le dos sur sa langue. Il ramollit de nouveau à la lampe cette couche de gutta et la pétrit ensuite avec les doigts humectés encore de salive. Le fer chauffé convenablement, ainsi qu'il a été expliqué, sert à faire disparaître les inégalités que l'on aperçoit sur la gutta et à produire une liaison intime des deux extrémités de cette couche avec les parties les plus voisines de l'ancienne gutta. Les mêmes opérations de réchauffement, de pétrissage et de polissage au fer se répètent un certain nombre de fois jusqu'à ce que la surface extérieure de la matière isolante paraisse sans défaut et que l'on ne voie aucune bulle de gaz se dégager de la gutta, sous l'action du pétrissage.

La seconde et la troisième couches de gutta se soudent exactement comme nous venons de l'expliquer pour la première. On doit seulement avoir soin d'appliquer le milieu de chaque bande sur la ligne longitudinale de raccordement de la bande précédente de manière à croiser les points faibles des soudures (fig. 147). Il faut également éviter de ramollir les couches de gutta terminées en réchauffant les suivantes, afin que les nouveaux pétrissages ne puissent atteindre que la gutta soumise actuellement à ce travail. Les bandes de gutta sont d'ailleurs de plus en plus longues pour que chacune d'elles recouvre toute la partie travaillée précédemment et soit soudée à ses deux extrémités, sur des parties encore intactes des deux âmes.

Lorsque l epétrissage de la dernière couche est terminé, on la ramollit une dernière fois très légèrement ; le soudeur mouille bien la paume de sa main et astique vigoureusement la soudure pour lui donner le poli nécessaire. Il l'asperge d'eau largement et la laisse suspendue verticalement à l'air pendant vingt à vingt-cinq minutes pour lui permettre de se refroidir sans que le conducteur en cuivre puisse se décentrer. Lorsque l'on est pressé par le temps à la mer, on plonge la soudure dans un baquet d'eau, ou

Fig. 147

même dans un mélange de glace et d'eau pour activer son refroidissement.

Le soudeur doit avoir soin de toujours chauffer à la lampe les parties du joint qu'il a touchées avec ses doigts humides, avant de la recouvrir d'une autre couche de gutta ou de Chatterton, de manière à en faire disparaître toute trace d'humidité. Si par suite de l'élévation de la température ambiante, les doigts du soudeur présentaient des traces de transpiration, il devrait avoir soin de les essuyer avec un linge bien propre, ou mieux encore les tremper dans de la naphte dont l'évaporation rapide détermine un petit refroidissement de la peau. Cette opération serait répétée plusieurs fois durant le travail, s'il était nécessaire.

La gutta en bandes servant à la confection d'un joint doit être autant que possible de la même qualité que celle des âmes à jonctionner. Avec des guttas de qualités différentes, il est très difficile d'obtenir un joint bien homogène et de nombreux défauts de soudures n'ont été dus qu'à la dissemblance des matières employées, bien que de bonnes qualités, chacune individuellement.

Un joint à trois couches de gutta doit avoir 15 centimètres de longueur environ ; lorsqu'il est bien fait, il a la forme d'une olive très allongée et un diamètre légèrement supérieur seulement à celui de l'âme du câble, Sa section examinée à la loupe, doit former autour du conducteur en cuivre bien centré, une surface parfaitement unie, sans traces de bulles de gaz ou d'humidité. Si on fend la soudure longitudinalement, on doit trouver le cuivre exactement dans l'axe du fuseau et bien adhérent à l'enveloppe isolante : les dif-

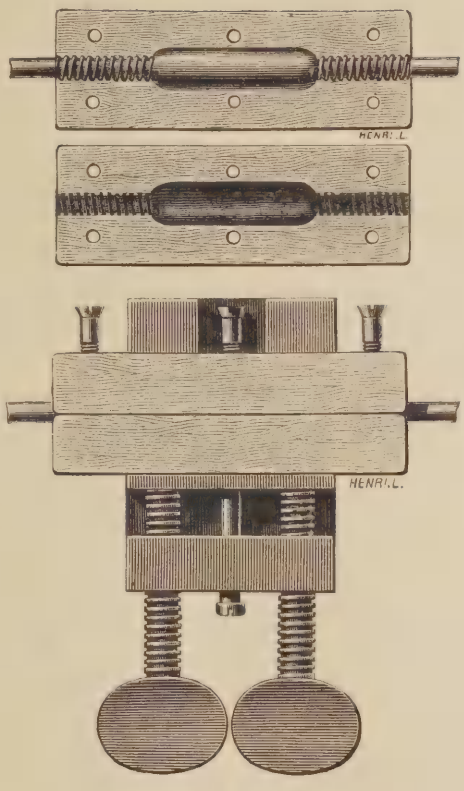


Fig. 148

férentes couches de gutta doivent être séparées par des lignes noires très fines de Chatterton et adhérer parfaitement les unes aux autres.

Les défauts que l'on rencontre dans les soudures des câbles sont dûs principalement à :

Des coupures maladroites des brins de cuivre ;

Des torsades de conducteurs en cuivre mal faites ou mal limées ;

Une application défectueuse de la soudure d'étain ;

L'excentricité du conducteur en cuivre déterminée par un mauvais pétrissage ;

La non adhérence du conducteur central à l'enveloppe isolante ;

Des bulles d'air restées entre les diverses couches de gutta, et provenant d'un serrage imparfait de la bande ;

Un surchauffage de la gutta occasionné par l'application sans précaution de la lampe ;

La non adhérence entre elles des couches de gutta et de Chatterton, par suite d'humidité restée interposée ou de défaut de propreté ;

Des écorchures provenant de causes accidentelles.

Des joints *provisoires*, surtout lorsqu'on est pressé par le temps à la mer, peuvent être faits dans une sorte de moule en bois, formé de deux pièces (fig. 148) entre lesquelles on place la partie d'âme que l'on veut recouvrir de gutta. Les bords taillés de l'ancienne matière isolante et le conducteur en cuivre ayant été préalablement chauffés à la lampe à alcool, on remplit le moule de gutta plastique, on serre à l'aide de vis et on laisse refroidir. M. W. Smith a constaté qu'au bout de trois mois, des soudures ainsi faites par un ouvrier ne connaissant pas le travail de la gutta-percha et restées exposées une partie du temps à l'air, étaient encore aussi bonnes qu'au début, bien qu'essayées sous l'eau. Les soudures *définitives* des âmes de câbles sous-marins doivent toujours être faites par les procédés ordinaires.

c. — Soudure des âmes en caoutchouc

On recouvre le conducteur en cuivre, soudé comme à l'ordinaire, d'une bande de coton destinée à isoler le métal du caoutchouc. On badigeonne les bords de l'enveloppe isolante, sur une longueur de 4 à 5 centimètres de chaque côté de la partie dénudée, avec un pinceau trempé dans de la naphte, de la benzine ou du sulfure de carbone, de manière à dissoudre la surface externe du diélectrique. Par dessus, on applique une

bande de caoutchouc de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et traitée préalablement de la même manière, de façon à obtenir la soudure par l'adhérence naturelle des parties fraiches du caoutchouc. On serre cette bande solidemeut contre le conducteur, on en coupe l'excédant et on produit par la simple pression des surfaces mises en contact une soudure longitudinale.

Pour faire un joint dans une âme en caoutchouc, du système Hooper, on applique d'abord la couche interne de caoutchouc pur, comme il vient d'être expliqué. On le recouvre ensuite d'une bande de toile imprégnée d'oxyde de zinc sur laquelle on enroule deux bandes de caoutchouc saupoudrées de fleur de soufre, chacune d'elles débordant la couche précédente de 6 à 7 centimètres de chaque côté. On enveloppe le tout de trois bandes de calicot bien serrées et dont les bouts sont maintenus par du ciment de caoutchouc [1]. On porte le joint dans un bain de chaux ou de plâtre chauffé à 90 ou 100°, et dont on élève pendant un quart d'heure graduellement la température jusqu'à 155°. On l'y laisse pendant en place les enveloppes extérieures ; puis on coupe au couteau les bandes de toile goudronnées, et à

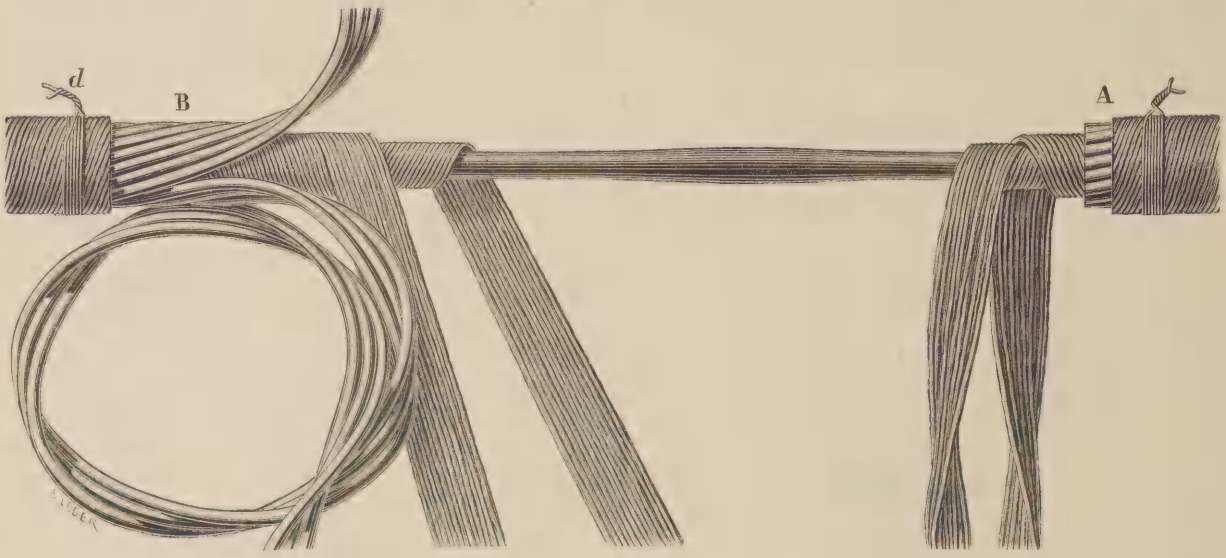


Fig. 14[illegible]

la lime chaque fil de fer individuellement. On met de côté les fils des deux couches intérieures de jute et de chanvre et on prépare l'extrémité de l'âme supposée en parfait état, pour en souder successivement le cuivre et la gutta-percha sur les parties correspondantes du câble B.

On fait, en petit fil de fer, une ligature à une distance de l'extrémité du câble B qui varie avec la profondeur à laquelle l'épissure devra être immergée : dans les petits fonds cette longueur est ordinairement de 3 mètres ; dans les grands fonds, elle atteint jusqu'à 30 mètres. Après avoir coupé un autre quart d'heure ; puis on l'en retire et on le laisse refroidir à l'air.

On remplace les deux bandes extérieures de calicot par des bandes neuves et on procède à l'essai du joint.

d. — Épissure des armatures en fer

Lorsque deux bouts de câbles semblables, armés de fer, A et B, (fig. 149) doivent être épissés l'un sur l'autre, on fait, à 30 centimètres de distance environ, à partir de l'extrémité de l'un des câbles, A par exemple, une petite ligature à l'aide de fil de fer de 1 millimètre de diamètre, pour maintenir les bandes de toile goudronnées, on prend successivement chaque fil de fer de l'armature, on le tourne autour du câble un nombre de fois suffisant pour le retirer entièrement de son lit, en

[1] Le ciment de caoutchouc est une solution de 20 parties de caoutchouc ayant subi la mastication dans 100 parties de benzine ou d'huile de naphte minérale.

ayant soin de conserver au fil sa forme héliçoïdale ; on enroule chacun d'eux en une glaîne à assez grand rayon que l'on met en réserve pour l'employer plus tard.

Le déroulement des fils de fer se fait quelquefois avec un instrument composé d'un collier en fer percé de trous et portant deux manettes aux extrémités d'un même diamètre : le collier est formé de denx pièces tournant autour d'une charnière et maintenues à l'aide d'une goupille que l'on engage dans des ouvertures pratiquées à cet effet sur chacune d'elles. On passe chaque fil de fer de l'armature du câble B dans l'un des trous du collier, l'âme même restant au centre : un homme s'avance ensuite vers la ligature *d* en tournant au fur et à mesure les deux manivelles autour du câble, en sens inverse de l'hélice formée par les fils de fer de l'armature. L'âme placée sur l'axe de rotation reste immobile. Un second homme suit le premier à une petite distance avec un appareil semblable afin de maintenir les fils dans leur position relative.

L'emploi de cet instrument a l'inconvénient de détruire en partie au moins le pas héliçoïdal qu'il est important de conserver aux fils de fer.

Les deux enveloppes intérieures de jute ou de chanvre du câble B sont coupées à 60 centimètres environ de la ligature et l'âme à 30 centimètres environ. Celle-ci est soudée avec le plus grand soin sur l'âme du câble A : lorsque la soudure est refroidie à l'air, on la plonge dans un baquet d'eau froide pour achever de la solidifier et la soumettre aux essais électriques. On recouvre l'âme des deux couches de chanvre provenant des câbles A et B, en ayant soin de ne pas superposer les brins d'une même couche appartenant aux deux câbles ; il en résulterait une grosseur qu empêcherait les fils de fer de se remettre plus tard en contact les uns avec les autres. On doit d'un autre côté avoir soin de couper les brins de chanvre à des longueurs telles qu'il n'y ait aucune discontinuité dans l'enveloppe au-dessus de la soudure même. Le chanvre de chaque couche est maintenu par un tréfilage en fils de caret à très longues mailles.

Les fils de fer de l'armature du câble B sont allongés ensuite et enroulés en hélice, au-dessus de la soudure, soit à la main, soit à l'aide de l'instrument qui a servi à décorder les fils de fer, de façon à reconstituer aussi bien que possible l'armature primitive. Le câble est saisi en B entre les branches d'une pince dont le diamètre intérieur est précisément égal au diamètre extérieur du câble : un homme repousse à coup de marteau la pince vers A, en forçant ainsi les fils de fer à se serrer les uns contre les autres et à donner au câble une apparence plus régulière. Arrivé en A, on prend un fil de fer quelconque du câble B et on cherche la place qu'il devrait occuper sur le câble A : le fil correspondant de ce dernier câble est enlevé sur une longueur égale à celle de l'épissure, 30 mètres par exemple, coupé à l'extrémité et remplacé par le fil du câble B. Les extrémités libres de ces deux fils de fer, placées en regard l'une de l'autre, sont maintenues à l'aide d'une solide ligature de fil de fer de 1 millimètre. Quelquefois même, pour mieux empêcher le glissement du fil du câble B, on le fait sortir une ou deux fois de la ligature dans laquelle il rentre naturellement un nombre égal de fois. On opère de même pour le fil suivant de l'armature du câble B, en ayant soin seulement de l'arrêter et de le couper à 80 centimètres environ de l'extrémité du premier fil. On continue ainsi pour tous les autres fils.

L'ensemble de toute l'épissure est recouvert ensuite d'une bonne couverture en bitord serrée à la mailloche. Cette couverture doit déborder au moins d'un mètre, de chaque côté, toutes les parties des câbles A et B auxquelles il a été touché.

Lorsque les armatures des deux câbles à épisser sont très dissemblables, on fait ce qu'on appelle des *épissures en queue de rat*. A étant le câble le plus faible, on procède comme ci-dessus jusqu'au moment où, à l'aide de la pince, on a reformé l'armature du câble B, du point B au point A. A ce moment, on développe successivement les divers fils du câble B, mais sans toucher à ceux du câble A dont l'armature reste intacte jusqu'au point A : on arrête par des ligatures en fil de fer de 1 millimètre les extrémités des fils de fer du câble B et on recouvre le tout de bitord comme précédemment.

Quelquefois on recouvre encore l'épissure d'une *bosse :* les deux bouts du câble comprenant

Spécifications de câbles sous-marins. — * Rankine's Tables and Rules

Points extrêmes des câbles	Dates de la pose	Longueur posée en milles marins	Poids par mille marin						Remarques
			Cuivre en kilogrammes	Gutta-percha en kilogrammes	Fer en tonnes	Jute en tonnes	Asphalte, etc. en tonnes	total en tonnes	
Minou — Saint-Pierre*.....	1869	2648	181,43	181,53		0,106		1,678	Mer profonde.
Marseille — Alger.....	1871	499	48,534	75,276	3,843	0,214	0,475	4,651	Atterrissement.
			»	»	1,076	0,068	0,256	1,539	Mer profonde.
Lizard — Bilbao*.....	1873	619	54,431	79,378	10,026	0,527	1,529	12,192	Atterrissement.
			»	»	5,451	0,356	0,762	6,706	Intermédiaire.
			»	»	2,730	0,094	0,483	3,436	idem.
			»	»	1,930	0,190	0,419	2,672	idem.
			»	»	0,655	0,096	0,839	1,724	Mer profonde.
Valentia — Heart's content*..	1873	1876	181,43	181,43	17,740	1,711		19,813	Atterrissement.
			»	»	9,796	0,651	2,021	12,830	Intermédiaire.
			»	»	3,404	0,167	0,506	4,439	idem.
			»	»	2,458	0,091	0,394	3,509	idem.
			»	»	0,673	0,149	1,097	2,282	Mer profonde.
Lisbonne — Madère*.....	1873	613	54,431	79,378	9,602	0,762	1,358	11,882	Atterrissement.
			»	»	2,730	0,095	0,477	3,436	Intermédiaire.
Madère — Saint-Vincent*...	1874	1196	»	»	1,930	0,190	0,419	2,672	idem.
			»	»	0,646	0,139	0,955	1,875	Mer profonde.
Jamaïque — Porto Rico *.....	1874	647	48,594	63,503	9,647	0,615	1,282	11,656	Atterrissement.
			»	»	3,236	0,131	0,412	3,891	Intermédiaire.
			»	»	1,163	0,096	0,302	1,673	Mer profonde.
Saint-Vincent — Pernambouc*	1874	1844	115,67	154,42	9,602	0,774	1,358	12,005	Atterrissement.
			»	»	1,930	0,190	0,419	2,810	Intermédiaire.
			»	»	1,282	0,064	0,393	2,011	idem.
			»	»	0,716	0,155	1,101	2,224	Mer profonde.
Valentia — Heart's content *..	1874	1837	181,43	181,43	17,740	1,711		19,813	Atterrissement.
			»	»	3,404	0,167	0,506	4,188	Intermédiaire.
			»	»	0,673	0,149	1,097	2,282	Mer profonde.
Botany Bay — Nelson*.....	1876	1282	48,534	63,503	10,026	0,660	1,138	11,908	Atterrissement.
			»	»	2,743	0,096	0,645	3,597	Intermédiaire.
			»	»	1,077	0,081	0,457	1,727	idem.
			»	»	0,645	0,203	0,386	1,346	Mer profonde.
Suez — Aden *.....	1876	1443	54,431	79,378	10,111	0,851	1,256	12,351	Atterrissement.
			»	»	2,894	0,103	0,442	3,571	Intermédiaire.
			»	»	1,897	0,118	0,398	2,546	idem.
			»	»	1,174	0,103	0,382	1,792	Mer profonde.

Pointe du Hoc — Pennedepic..	1877	8	50	65.561	15.001	0.648		16.227	5 conducteurs, câble à double armature.
			81.646	108.86	11.582	0.705	0.579	13.056	Atterrissement.
			»	»	9,970	0,421	1,577	12.152	idem.
Aden — Bombay*...	1877	1888	»	»	5,475	0,285	0.698	6,649	Intermédiaire.
			»	»	2.872	0.113	0.585	3,761	idem.
			»	»	0.636	0,204	0.258	1,288	Mer profonde.
			48.534	63.503	9.957	0.457	1.676	12,202	Atterrissement.
Penang — Rangoon*.....	1877	853	»	»	2.896	0.127	0.492	3.626	Intermédiaire.
			»	»	1.077	0.094	0.296	1.579	Mer profonde.
			48.534	63.503	9.957	0,660	1.138	11.867	Atterrissement.
Marseille — Bône*.....	1877	463	»	»	2.946	0.248	0.447	3.751	Intermédiaire.
Bône — Malte*.....		382	»	»	1.079	0.146	0.302	1,643	Mer profonde.
			48.534	63.503	10.516	0.686	1.042	12.356	Atterrissement.
			»	»	5.314	0.406	0.793	6,626	Intermédiaire.
Delagoa — Mozambique *....	1878	966	»	»	2,848	0,229	0.566	3,751	idem.
Mozambique — Zanzibar*...	1879	631	»	»	0.876	0.076	0.342	1.409	Mer profonde.
			»	»	0.864	0.051	0.368	1,394	idem.
			»	»	0.635	0.190	0.525	1,465	idem.
			48.534	63.503	10.516	0.686	1.042	12.356	Atterrissement.
			»	»	5.314	0.406	0.793	6.626	Intermédiaire.
Singapore — Java*.....	1879	919	»	»	2.848	0.229	0.563	3.751	Mer profonde.
			»	»	1.800	0.117	0.508	2,537	idem.
			113.39	113.39	10.516	0.686	1.042	12,471	Atterrissement.
			»	»	5.314	0.406	0.793	6,740	Intermédiaire.
Aden — Zanzibar*.....	1879	1908	»	»	3.414	0.147	0.626	4.414	idem.
			»	»	0.635	0.190	0.525	1.465	Mer profonde.
			»	»	1.130	0.203	0.373	1.932	idem.
Marseille — Alger	1879	495	48	63				3.114	Atterrissement.
	1880	488	»	»				1.544	Mer profonde.
Brest — Saint-Pierre *.....	1879	2242	219.999	180.077	0.860	0.979	0.400	1.739	Mer profonde.
			48.534	63.503	10.516	0.686	1.042	12.356	Atterrissement.
Banjoewangi — Port Darwin*.	1880	1131	»	»	2.848	0.229	0.563	3.751	Intermédiaire.
			»	»	0.864	0.051	0.368	1.394	Mer profonde.
Valentia — Heart's content *...	1880	1423	136.07	136.07	0.874	0.117	0.737	1.998	Mer profonde.
			»	»	0.731	0.117	0.716	1.836	idem.
Singapore — Batavia *.....	1881	537	48.534	63.503	10.516	0.686	1.042	12.356	Atterrissement.
			»	»	2.846	0,229	0.563	3,751	Mer profonde.
			58.967	58.967	12.091	0.559	0.406	13.174	Atterrissement.
Valentia — Greitseil*.....	1882	841	»	»	5.690	0,356	0.643	6,837	Intermédiaire.
			»	»	2,820	0,127	0.507	3.576	Mer profonde.

entre eux l'épissure sont reliés par une corde en chanvre, solidement attachée à chacun d'eux à ses deux extrémités et un peu plus courte que l'épissure, afin que toute la traction s'exerce sur la corde. Cette précaution n'a d'utilité que pour l'immersion même de l'épissure.

E. WUNSCHENDORFF

(A suivre.)

INFLUENCE DU MAGNÉTISME

SUR LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

DES CONDUCTEURS SOLIDES [1]

I

1. — Dans une note préliminaire *sur les variations, de la résistance électrique de l'antimoine et du cobalt dans le champ magnétique* [2], j'exposais les conclusions principales auxquelles j'étais parvenu relativement à ces deux corps. Je me réservais alors de rapporter, en détail, mes recherches même sur d'autres corps, aussi bien que les méthodes et les instruments employés. Je vais donner ici un extrait du mémoire que, tout récemment, j'ai présenté, à ce propos, au R. *Istituto Veneto* [3].

2. — Comme je le remarquais dans ma note, les recherches actuelles ont été causées par des considérations sur le phénomène de Hall et sur les variations dans la résistance électrique éprouvées par d'autres corps placés dans un champ magnétique. Comme il est fort probable, en effet, que le phénomène de Hall dépend d'une modification dans les coefficients de conductibilité (Hopkinson, Roïti, Righi, Leduc), il est bien naturel qu'on doive rencontrer une grande variation dans la conductibilité électrique parmi les corps qui présentent le phénomène de Hall avec une grande intensité. A ce point de vue de la conductibilité électrique dans un champ magnétique, il m'a paru de quelque intérêt de faire une étude sur le cobalt et sur l'antimoine. L'étude de ces deux corps m'a paru encore utile pour voir si le premier, qui est paramagnétique, se comporte comme le fer et le nickel, relativement au sens de la variation de sa résistance, et si le second, qui est diamagnétique, se comporte de la même manière que le bismuth.

On sait, en effet, que la résistance du fer ou du nickel augmente, suivant les lignes de force, et diminue perpendiculairement à ces lignes, tandis que la résistance du bismuth augmente dans tous les sens.

Guidé par ces considérations, j'entrepris en même temps l'étude d'autres conducteurs solides. Mais, avant d'exposer les résultats de mes expériences, je vais donner très rapidement un coup d'œil sur les expériences analogues faites par d'autres expérimentateurs.

II

3. — Je ne parlerai pas des expériences anciennes de Fischer et de Abraham, sur le fer et sur l'acier, ni de celles, aussi peu concluantes, de Wartmann sur plusieurs corps solides et liquides.

4. — Après le fait signalé par M. G. A. Maggi, d'une variation dans la conductibilité calorifique du fer aimanté [1], plusieurs physiciens cherchèrent si, de même, la conductibilité électrique de ce corps aurait été influencée par le magnétisme. M. Edlund [2] et M. Mousson [3] sont arrivés à des résultats négatifs. M. E. Villari, dans ses remarquables recherches sur les phéno-

(1) Extrait par l'auteur.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, v. XXIII, p. 169, 1887; *Atti del R. Ist. Veneto* [6], V., 1886.

(3) Séance du 7 août, 1887.

(1) La variation signalée par MAGGI, dès l'année 1850, aurait été très marquée. Suivant des expériences postérieures et qui méritent plus de confiance, la variation de conductibilité doit être très faible.

Tout récemment M. RIGHI (voir *La Lumière Électrique* t. XXV, p. 174, 1887) a découvert une diminution notable dans la conductibilité calorifique du bismuth, en dirigeant le flux de chaleur transversalement aux lignes de force d'un champ magnétique. Il a signalé aussi une rotation des lignes isothermiques : phénomène analogue à celui de Hall, de la rotation des lignes équipotentielles. M. Leduc arriva, peu de jours après, aux mêmes résultats (*Comptes Rendus*, CIV, 1887).

(2) *Pogg. Ann.* Bd. 93, 1854.

(3) *Arch. de Genève*, XXXI, 1856.

mènes qui se manifestent lorsqu'un courant électrique s'établit dans le fer [1], est parvenu à la conclusion que le magnétisme transversal induit dans le fer, ou n'en modifie pas la résistance, ou que cette modification est extrêmement faible.

5. — Sir W. Thomson [2] est parvenu à la conclusion, que la résistance du fer augmente suivant les lignes de force et diminue dans le sens perpendiculaire. Un fil d'acier, aimanté longitudinalement, se comporta de même qu'un fil de fer ; mais, dans ce cas, il y avait aussi une variation permanente. Le nickel se comporta dans le même sens que le fer.

6. — Plus tard (1866), M. v. Beetz [3] est parvenu à des résultats qui diffèrent de ceux de M. Thomson en ce qu'il n'a pas réussi à déceler un changement de résistance, supérieur à 1 : 180000, avec un fil de fer aimanté transversalement, tandis que, dans le cas de l'aimantation longitudinale, ses résultats s'accordent qualitativement avec ceux de Thomson.

7. — Bien différents et plus complexes sont les résultats obtenus par H. Tomlinson et par F. Auerbach. Le premier trouva [4] que l'aimantation longitudinale du fer doux et de l'acier non-trempé augmente la résistance électrique, tandis que pour l'acier trempé on observe une diminution. Il trouva aussi que la résistance diminue, lorsqu'un courant passe le long d'une barre trempée, et augmente dans le cas du fer doux et de l'acier non-trempé.

M. Auerbach [5] s'est borné au cas de l'aimantation longitudinale. Suivant lui, avec des fils de fer recuits et faiblement aimantés, la variation de résistance est négative et croissante, en valeur absolue, avec l'intensité du courant qui parcourt le fil de fer; mais, lorsque l'aimantation est déterminée par des courants plus forts, la variation devient positive. Quelquefois, cependant, il se présente aussi un changement de signe en renversant le sens du courant qui parcourt le fil aimanté; en outre, la variation instantanée de la résistance est suivie en général, par une variation permanente, et, en répétant les mesures, on obtient des résultats différents. Pour des fils de fer non recuits, les effets sont bien moins marqués. Pour l'acier, quelle que fût l'intensité du courant aimantant, il observa toujours une diminution dans la résistance.

8. — Je dois mentionner encore les expériences de M. de Lucchi [1] sur des disques de fer (fer-blanc). Ses résultats s'accordent avec ceux de Thomson.

9. — J'ai voulu faire quelques épreuves avec des fils de fer et d'acier ; le résultat a été une augmentation de la résistance, soit avec l'aimantation longitudinale, soit avec la transversale.

Les différences mentionnées semblent dépendre, essentiellement, des propriétés magnétiques du fer et de l'acier, et des circonstances différentes dans lesquelles les expériences même ont été exécutées.

L'hypothèse de certains groupements moléculaires, faite par M. Beetz, est insuffisante pour expliquer les divers phénomènes observés. Il me semble, au contraire, que l'on peut éclaircir quelque peu la question en partant de l'hypothèse de la polarité permanente des molécules [2], et en se rapportant au magnétisme transversal, induit soit par une action extérieure, soit par l'action propre du courant, lorsqu'il s'établit dans le fer [3]. Cette manière de voir, sur laquelle se fonde aussi M. Wiedemann [4], a été suivie et développée très ingénieusement par M. Auerbach pour expliquer les résultats de ses expériences, ainsi que ceux d'autres physiciens. Je crois, cependant, que pour se prononcer sur la cause réelle des phénomènes observés, il faudrait reprendre avec soin des recherches expérimentales sur le fer et sur l'acier dans toutes les circonstances possibles.

10. — Je dois encore rappeler les recherches faites sur des corps diamagnétiques.

Balfour Stewart et Schuster [5] ont trouvé des

(1) *N. Cimento* [2], IV, 1870.
(2) *Math. and Phys. Papers*, II.
(3) *Pogg. Ann.* Bd. 128, 1866.
(4) *Phil. Mag.* (5), I, 1876.
(5) *Wied. Ann. Bd.* V, 1878.

(1) *Atti. Ist. Veneto*, (5), VIII, 1882.
(2) Cfr. Righi. *Contribuzioni allar teoria della magnetizazione dell'acciaio, Mem. Acc. di Bologna*, 1880.
(3) *N. Cim.* [1], XXVII; [2], I; [2], IV.
(4) *Elecktricitaet, Bd.* III, 1883.
(5) *Phil. Mag.* vol. 48, 1874.

résultats complexes, mais peu certains, pour le cuivre. M. Auerbach [1], pour des fils de cuivre assujettis à des forces magnétisantes considérables, observa toujours une augmentation dans la résistance, mais extrêmement faible. W. Thomson a obtenu un résultat négatif pour le laiton, Hall pour le packfong.

Très considérable, au contraire, est la variation qu'éprouve le bismuth sous l'influence du magnétisme. Elle a été découverte par M. Righi [2]. Ce physicien a démontré que dans un champ magnétique intense, la variation peut surpasser 1/8 de la valeur initiale. M. Hurion [3] et M. Leduc [4] confirmèrent les résultats de Righi. Avec du bismuth du commerce contenant 1,18 o/o d'arsenic et quelques traces d'étain, M. Righi observa que la diminution de résistance était un peu plus petite que celle correspondant au bismuth pur, probablement parce que la résistance initiale, à dimensions égales, était plus grande. Un fait analogue résulte aussi de mes expériences avec différents alliages de bismuth.

III

11. — Désignons par r la résistance électrique du corps qu'on étudie lorsqu'il se trouve hors du champ magnétique et par r_1 ce qu'elle devient lorsque le corps se trouve dans le champ, la variation relative Δr est représentée par

$$\Delta r = \frac{r_1 - r}{r}$$

Pour déterminer la valeur de Δr, j'ai adopté en quelques cas une disposition analogue à celle de Matthiesen et Hockin, sauf quelques modifications dûes à des circonstances spéciales et au but de mes recherches. En d'autres cas, je fis usage du pont de Wheatstone; mais je déduisais la valeur de Δr au moyen d'un rhéocorde inséré dans l'une des branches. Avant d'appliquer cette méthode, j'ai vérifié directement que les déviations impulsives de l'aiguille du galvonomètre, après avoir établi l'équilibre du pont, étaient proportionnelles aux variations de résistances produites dans le rhéocorde. La sensibilité atteinte pouvait surpasser 1/80000. Enfin, lorsque Δr était extrêmement petit, je me bornais à en établir le signe, en observant le sens de la déviation de l'aiguille du galvanomètre.

12. — Le galvanomètre était du type Wiedemann. Les lectures étaient faites par la méthode de réflexion, mais avec une disposition nouvelle, imaginée par M. le professeur Righi, bien plus avantageuse que celle employée jusqu'ici.

Suivant cette méthode, l'échelle est rendue indépendante du support de la lunette; elle est placée à une distance du miroir presque double de celle qu'on peut atteindre par la méthode de Gaus et forme un très petit angle avec le plan du miroir.

La normale à l'échelle, tirée de son milieu, rencontre le miroir dans son centre. La lunette, qui recueille les rayons réfléchis, est placée très près du miroir. On comprend que, de cette manière, sans perdre en clarté, on peut obtenir une sensibilité double de l'ordinaire.

Le fil tendu (fil de mesure) du pont a été calibré suivant la méthode de Righi [1].

Le champ magnétique était produit par le grand électro-aimant de Ruhmkorff, excité soit par des couples Bunsen, soit par une machine dynamo-électrique Edelmann.

La direction de l'électro-aimant était choisie de manière qu'il n'y eût pas d'action directe sur l'aiguille du galvanomètre [2].

Le courant du pont était fourni par un couple Leclanché.

13. — Dans la mesure des variations de résistance, il fallait toujours avoir égard aux courants thermo-électriques. Les précautions que je prenais étaient fondées sur le théorème, que la proportionnalité entre les résistances des quatre branches du pont, subsiste dans le cas que l'un ou tous les rhéophores comprennent des forces électromotrices, si l'intensité du courant dans l'une des diagonales reste la même, lorsque l'on ferme ou l'on ouvre l'autre diagonale.

(1) *Loc. cit.*

(2) *Mem. dell Acc. di Bologna* (4), V. 1883; *Atti Acc. dei Lincei*, 1884.

(3) *Comptes Rendus*, t. 100, 1884.

(4) *Comptes Rendus*, t. 102, 1886.

(1) *Atti della R. Ac. dei Lincei*, 1884.

(2) *Cfr. Righi.— Mém. Ac. di Bologna*, 1883.

Voici, maintenant, les principaux résultats de mes expériences.

IV

14. — *Bismuth.* Lame obtenue suivant la méthode de Righi, disposée normalement aux lignes de force : M est l'intensité relative du champ, représentée par les déviations inpulsives de l'aiguille d'un galvanomètre Edelmann. Le signe + représente une augmentation dans la résistance.

Δr est obtenu par la première méthode du § 11.

N°	Δr	M	Courant envoyé dans l'électro-aimant
1	+ 0,00165	39,0	2 Bunsen
2	+ 0,00451	72,5	4 —
3	+ 0,00720	91,0	6 —
4	+ 0,00911	105,5	8 —
5	+ 0,01040	116,5	10 —
6	+ 0,02022	151,0	Dynamo.
7	+ 0,13430	500,0	Dynamo.

15. — *Antimoine.* J'ai déjà indiqué dans ma Note préliminaire les conditions dans lesquelles j'ai étudié ce corps. Je donnerai, maintenant, trois valeurs particulières obtenues avec cette substance. Elles se rapportent à un même cylindre, disposé normalement aux lignes de force :

$$\Delta r = \begin{cases} + 0{,}00257 \\ + 0{,}00145 \\ + 0{,}00186 \end{cases}$$

J'ai étudié aussi l'effetde l'aimantation, lorsque le cylindre était disposé suivant les lignes de force. La variation a été positive, mais extrêmement petite. Eu égard à la déviation galvanométrique, j'ai conclu que Δr était six fois environ plus petit que dans le cas précédent.

16. — *Cobalt.* En me rapportant aux conclusions indiquées dans ma Note préliminaire, je rappellerai que:

a) Lorsque la lame de cobalt est disposée dans le champ magnétique de manière que son plan soit normal aux lignes de force, il se présente une diminution de sa résistance électrique ;

b) Lorsque la lame est disposée parallèlement aux lignes de force, et de manière que le courant ait cette même direction, il se présente une augmentation de sa résistance électrique.

Je puis ajouter ici, que lorsque la lame est disposée avec son plan parallèle aux lignes de force l'augmentation de résistance (toutes circonstance, égales d'ailleurs) est plus grande que la diminution qu'on observe dans l'autre cas.

17. — *Nickel.* J'ai fait peu d'expériences avec un fil aimanté soit longitudinalement, soit transversalement. Mes résultats (comme on peut voir dans le mémoire complet) s'accordent, qualitativement, avec ceux de Thomson.

18. — *Fil de fer non-recuit.* Mes expériences ont été faites avec deux bobines disposées avec leur axe soit parallèle, soit normal aux lignes de force. J'ai observé toujours une augmentation de résistance, tandis que M. Beetz, dans le cas de l'aimantation transversale, a obtenu une variation nulle.

Pour donner une idée de l'intensité du phénomène, je prends deux valeurs moyennes parmi celles que j'ai rapportées dans mon mémoire. Les voici :

$\Delta r = 0{,}002$ (axe de la bobine normal aux lignes de force)
$\Delta r = 0{,}0003$ (— — suivant les — —)

19. — *Fer recuit.* Résultats analogues aux précédents; mais Δr un peu plus petit.

20. — *Fil d'acier non trempé.* Je rapporte deux valeurs moyennes :

$\Delta r = 0{,}002$ (axe de la bobine normal aux lignes de force
$\Delta r = 0{,}0006$ (— — suivant les — —

21. — *Alliages.* J'ai expérimenté quatre alliages sous la forme de lames (toujours disposées normalement aux lignes de force) obtenues suivant la méthode de Righi:

a) 90 B*i* + 10 S*n* (en poids) : faible augmentation dans la résistance. Voici trois valeurs obtenues dans des conditions à peu près identiques à celles indiquées pour la septième expérience sur le bismuth :

$$\Delta r = \begin{cases} + 0{,}0046 \\ + 0{,}0052 \\ + 0{,}0060 \end{cases}$$

b) 80 B*i* + 20 S*n*. Augmentation encore plus faible que la précédente. Je n'ai pas déterminé des valeurs particulières de Δr;

c) *Alliage de Rose*. Δr extrêmement petit, mais positif;

d) *Alliage de Wood*. Δr extrêmement petit, mais positif.

22. — Je rappellerai, enfin, que j'ai obtenu des résultats négatifs pour les métaux suivants A*g*, A*l*, P*d*; incertains pour: Z*n*, S*n*, C*d*. C*u*,

V

23. — *Conclusions générales*. Eu égard aux expériences actuelles, ainsi qu'à celles d'autres expérimentateurs, nous pouvons établir les conclusions suivantes :

a) La résistance électrique des principaux conducteurs solides éprouve une variation sous l'influence du magnétisme;

b) La variation de résistance est assez marquée pour les corps fortement paramagnétiques ou diamagnétiques : pour le bismuth elle est très remarquable. Pour les autres conducteurs, elle est extrêmement petite et quelquefois même inappréciable;

c) Sous des conditions égales, la résistance électrique suivant la direction des lignes de force augmente, soit dans les métaux paramagnétiques, soit dans ceux diamagnétiques; tandis que, suivant la direction normale aux lignes de force, cette résistance décroît dans les premiers et augmente dans les second.

d) Ces variations dans la résistance nous conduisent à admettre comme vraisemblable que le phénomène de Hall dépend réellement d'un changement transitoire, déterminé par le magnétisme dans la structure des corps : changement qui aurait pour résultat une variation rotatoire dans la résistance.

ADDITION

Mon travail était déjà achevé, lorsque je vis l'extrait d'un mémoire très récent, de M. A. von Ettingshausen, de l'Université de Graz [1] sur les variations de résistance du bismuth, de l'antimoine et du tellure dans le champ magnétique. Quant à l'antimoine, l'auteur a trouvé, ainsi que moi-même [1], que la résistance augmente dans la direction normale aux lignes de force. Il ne fait pas mention du cas correspondant à la direction parallèle aux lignes de force, dans lequel j'ai démontré qu'il y a aussi augmentation dans la résistance.

Je dois encore rappeler que dans le septième fascicule des *Annales de Wiedemann* [2], publié tout récemment, on trouve une note préliminaire de M. D. Goldhammer, où l'auteur s'occupe, entre autres, de l'antimoine et du cobalt. Ses résultats, quant aux signes, s'accordent parfaitement avec les miens.

Dr Joseph Faè

(1) *Sitzb. d. k. Ak. der Wiss*, marz-heft 1887.

(1) *Istituto Veneto*, décembre 1886.

(2) *Bd.* XXXI, p. 360, 1887.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

La session de Boston de l'Association nationale des États-Unis pour l'éclairage électrique.

La sixième réunion de la *National Electric Light Association* a eu lieu au mois d'août à Boston. Nous avons rendu compte au commencement de cette année des travaux présentés à la session précédente de cette Association.

Nous n'avons pas à enregistrer à l'actif de cette dernière session, des faits bien marquants; de longues communications ont été faites, mais aucune d'elles n'avait pour but de décrire une invention nouvelle ou de donner des détails précis sur des installations récentes présentant un réel intérêt. Ces réunions sont plutôt une occasion pour les membres de l'Association de faire plus ample connaissance, d'échanger des idées et d'élargir par un commerce journalier avec des spécialistes divers le cercle des connaissances de chacun, en se pénétrant plus facilement des desiderata des diverses branches des applications électriques industrielles.

Le fait le plus saillant de la session de Boston a été l'adoption d'une nouvelle jauge basée sur le

système métrique et reconnue comme seule jauge officielle de l'Association. La commission spéciale chargée au meeting de Detroit d'élaborer ce travail et présidée par M. A.-V. Garratt, avait déjà fait prévaloir, à la session de Philadelphie, la résolution que le système métrique devait être la base de la nonvelle jauge.

Cette décision a été maintenue et son adoption définitive est ainsi une nouvelle victoire du système métrique ; disons aussi que toutes les valeurs données par les tables nouvelles de l'Association sont ramenées à la température 0° centigrade et qu'il a été fait aussi complètement abstraction de l'échelle Fahrenheit. Ces décisions n'ont pas été prises sans quelques protestations des fanatiques admirateurs de l'ancien système, pour qui, toucher à ce qui a été la règle depuis si longtemps est un sacrilège.

Nous donnons la reproduction des tableaux calculés par les soins du comité de l'Association, en pensant qu'ils pourront dans bien des cas être utiles à nos lecteurs.

La table est assez explicite pour que nous n'ayons pas besoin d'insister sur la disposition des colonnes.

Quelques détails sur la manière dont les calculs ont été faits et sur les nombres qui ont servi dans les réductions ne seront cependant pas superflus.

Les calculs ont été faits avec le plus grand soin et révisés par trois calculateurs indépendants ; on est parti des mesures de Matthiessen sur la conductibilité du cuivre pur et on a réduit les nombres exprimés en ohms de l'Association britannique en ohms légaux ; malheureusement, M. Garratt oublie d'indiquer la valeur qu'il a donnée à l'ohm B. A. en fonction de l'ohm légal, il se contente de dire qu'il a admis la valeur généralement admise. Les calculs ont été faits avec un luxe de décimales un peu exagéré ; il est évident que dans la pratique on n'utilisera que les chiffres nécessaires pour l'approximation qu'on a en vue ; mais dans certains calculs théoriques, on pourra utiliser avec avantage tous les chiffres donnés ainsi que les logarithmes des aires des sections, exprimées en millimètres carrés. Dans le cas où l'on a affaire à un fil de cuivre dont la conductibilité n'est qu'une fraction de celle admise dans les calculs qui sont à la base de ce tableau, on n'a qu'à multiplier ou diviser les nombres donnés par la conductibilité relative de l'échantillon considéré.

Un des buts de l'Association, si l'on en juge du moins par la nature des questions traitées, est d'unifier autant que possible tous les éléments de construction des appareils électriques et d'arriver à avoir pour les installations une série de règles générales dont l'adoption serait exigée de tous les membres ou tout au moins leur serait recommandée.

Ainsi, outre le rapport du comité chargé d'étudier la question des brevets aux États-Unis, rapport dont nous n'avons pas à nous occuper ici, il faut mentionner les propositions de la commission à laquelle était confiée la mission d'étudier la question de l'isolement des fils dans les installations électriques.

Nous nous bornerons à énumérer rapidement le projet de code qu'il a présenté concernant l'unification des essais mécaniques et électriques des conducteurs isolés, destinés aux installations d'éclairage électrique. Le comité d'études a donc proposé les essais suivants :

1° *Essais d'isolation.* — (*a*) Conducteurs pour l'éclairage à arc. — On immerge dans l'eau une longueur déterminée de ce câble et on relie une des extrémités du fil à l'une des bornes d'une machine donnant 3000 volts, tandis que la masse d'eau environnante est en communication métallique avec l'autre borne. Par suite du défaut d'isolation, il passe à travers la couche isolante une certaine quantité d'électricité ; on doit pouvoir observer le courant ainsi produit à un galvanomètre. Le courant dérivé augmente peu à peu et atteint une valeur limite au bout d'un temps plus ou moins long ; cette valeur limite dépend de l'isolation, mais elle dépend aussi de la durée de l'immersion ; l'isolation du conducteur est d'autant meilleure que les variations du courant de perte sont plus faibles.

b) Conducteurs pour l'éclairage à l'incandescence. — Les essais sont les mêmes que précédemment en employant seulement une force électromotrice de 150 à 200 volts.

2. *Essais d'absorption.* — Une longueur déterminée du conducteur enroulé sur une bobine est plongée dans l'eau ; l'augmentation de poids du conducteur, qui résulte de cette immersion, mesure le degré de perméabilité du milieu isolant.

Jauge métrique de la National Light Association des États-Unis

Numéro de la jauge	Diamètre en millimètres	Section en millimètres carrés	Kilogrammes par kilomètre	Kilomètres par kilogramme	Résistance en ohms légaux de cuivre pur à 0° centigrade		Logarithme de la section en mmq	Carré du numéro de la jauge
					Ohms par kilomètre	Kilomètres par ohm		
1	,1	,0079	,0699	14,306	2034,2	,00049	-3,8950899	1
2	,2	,0314	,2796	3,5765	508,23	,00197	-2,4971499	4
3	,3	,0707	,6291	1,5896	226,02	,00442	-2,8493325	9
4	,4	,1257	1,1184	,89413	127,14	,00787	-1,0992099	16
5	,5	,1963	1,7475	,57224	81,367	,01229	-1,2930299	25
6	,6	,2827	2,5164	,39739	56,504	,01770	-1,4513925	36
7	,7	,3848	3,4251	,29196	41,514	,02409	-1,5852859	49
8	,8	,5027	4,4736	,22353	31,784	,03146	-1,7012699	64
9	,9	,6362	5,6619	,17662	25,113	,03982	-1,8035749	81
10	1,0	,7854	6,9900	,14306	20,342	,04916	-1,8950899	100
11	1,1	,9503	8,4580	,11823	16,811	,05551	-1,9778753	121
12	1,2	1,1310	10,066	,099348	14,126	,07079	0,0534525	144
13	1,3	1,3273	11,813	,084651	12,036	,08308	0,1229767	169
14	1,4	1,5394	13,700	,072990	10,378	,09635	0,1873459	196
15	1,5	1,7671	15,728	,063582	9,0407	,11061	0,2472725	225
16	1,6	2,0106	17,855	,055883	7,9460	,12585	0,3033299	256
17	1,7	2,2698	20,201	,049502	7,0386	,14207	0,3559877	289
18	1,8	2,5447	22,648	,044155	6,2783	,15928	0,4056349	324
19	1,9	2,8353	25,234	,039629	5,6348	,17747	0,4525971	361
20	2,0	3,1416	27,960	,035765	5,0854	,19664	0,4971499	400
21	2,1	3,4636	30,826	,032440	4,6126	,21680	0,5395285	441
22	2,2	3,8013	33,832	,029558	4,2028	,23794	0,5799353	484
23	2,3	4,1548	36,977	,027044	3,8453	,26006	0,6185455	529
24	2,4	4,5239	40,263	,024837	3,5315	,28316	0,6555123	576
25	2,5	4,9087	43,688	,022890	3,2547	,30725	0,6909699	625
26	2,6	5,3093	47,253	,021163	3,0091	,33232	0,7250367	676
27	2,7	5,7256	50,957	,019624	2,7904	,35838	0,7578175	729
28	2,8	6,1575	54,802	,018248	2,5946	,38542	0,7894059	784
29	2,9	6,6052	58,786	,017011	2,4188	,41344	0,8198859	841
30	3,0	7,0686	62,910	,015896	2,2550	,44346	0,8493325	900
31	3,1	7,5477	67,174	,014887	2,1167	,47243	0,8778133	961
32	3,2	8,0425	71,578	,013971	1,9865	,50340	0,9053899	1024
33	3,3	8,5530	76,122	,013137	1,8679	,53535	0,9321177	1369
34	3,4	9,0792	80,805	,012375	1,7597	,56829	0,9580477	1156
35	3,5	9,6211	85,628	,011678	1,6605	,60221	0,9832259	1225
36	3,6	10,1788	90,591	,011039	1,5696	,63712	1,0076949	1296
37	3,7	10,7521	95,694	,010451	1,4859	,67300	1,0314933	1369
38	3,8	11,3412	100,94	,009907	1,4087	,70987	1,0546571	1444
39	3,9	11,9459	106,32	,009406	1,3374	,74773	1,0772191	1521
40	4,0	12,5664	111,84	,008941	1,2714	,78656	1,0992099	1600
41	4,1	13,2025	117,50	,008510	1,2101	,82638	1,1206577	1681
42	4,2	13,8544	123,30	,008110	1,1532	,86719	1,1415885	1764
43	4,3	14,5220	129,24	,007737	1,1001	,90897	1,1620269	1849
44	4,4	15,2053	135,33	,007390	1,0507	,95174	1,1819953	1936
45	4,5	15,9043	141,55	,007065	1,0045	,99549	1,2015149	2025
46	4,6	16,6190	147,91	,006761	,96133	1,0402	1,2206055	2116
47	4,7	17,3494	154,41	,006476	,92085	1,0859	1,2392857	2209
48	4,8	18,0956	161,05	,006209	,88289	1,1327	1,2575723	2304
49	4,9	18,8574	167,83	,005958	,84722	1,1803	1,2754821	2401
50	5,0	19,6350	174,75	,005722	,81367	1,2290	1,2930299	2500

Jauge métrique de la National Light Association des États-Unis (suite)

Numéro de la jauge	Diamètre en millimètres	Section en millimètres carrés	Kilogrammes par kilomètre	Kilomètres par kilogramme	Résistance en ohms légaux de cuivre pur à 0° centigrade		Logarithme de la section en mmq	Carré du numéro de la jauge
					Ohms par kilomètre	Kilomètres par ohm		
51	5,1	20,4282	181,81	,005500	,78207	1,2787	1,3102303	2601
52	5,2	21,2372	189,01	,005291	,75055	1,3324	1,3270965	2704
53	5,3	22,0618	196,35	,005093	,72416	1,3809	1,3436417	2809
54	5,4	22,9022	203,83	,004917	,69759	1,4335	1,3598775	2916
55	5,5	23,7583	211,45	,004729	,67245	1,4871	1,3758153	3025
56	5,6	24,6301	219,21	,004562	,64865	1,5417	1,3914659	3136
57	5,7	25,5176	227,11	,004403	,62609	1,5972	1,4068397	3249
58	5,8	26,4208	235,14	,004253	,60489	1,6537	1,4219459	3364
59	5,9	27,3397	243,32	,004110	,58436	1,7113	1,4367939	3481
60	6,0	28,2743	251,64	,003974	,56505	1,7697	1,4513925	3600
61	6,1	29,2247	260,10	,003845	,54667	1,8292	1,4657495	3721
62	6,2	30,1907	268,70	,003722	,52918	1,8897	1,4798733	3844
63	6,3	31,1725	277,43	,003605	,51251	1,9512	1,4937711	3969
64	6,4	32,1699	286,31	,003493	,49662	2,0136	1,5074499	4096
65	6,5	33,1831	295,33	,003386	,48146	2,0770	1,5209167	4225
66	6,6	34,2120	304,49	,003284	,46698	2,1414	1,5341777	4356
67	6,7	35,2565	313,78	,003187	,45314	2,2068	1,5472395	4489
68	6,8	36,3168	323,22	,003087	,43992	2,2732	1,5601077	4624
69	6,9	37,3930	332,80	,003005	,42726	2,3405	1,5727881	4761
70	7,0	38,4865	342,51	,002920	,41514	2,4088	1,5852859	4900
71	7,1	39,5928	352,37	,002838	,40352	2,4782	1,5976067	5041
72	7,2	40,7150	362,36	,002760	,39239	2,5485	1,6097549	5184
73	7,3	41,8539	372,50	,002685	,38172	2,6197	1,6217357	5329
74	7,4	43,0085	382,78	,002613	,37138	2,6926	1,6335533	5476
75	7,5	44,1786	393,19	,002545	,36163	2,7653	1,6452125	5625
76	7,6	45,3646	403,74	,002477	,35218	2,8395	1,6567171	5776
77	7,7	46,5663	414,44	,002413	,34309	2,9147	1,6680713	5929
78	7,8	47,7836	425,27	,002351	,33435	2,9909	1,6792791	6084
79	7,9	49,0167	436,25	,002292	,32594	3,0681	1,6903441	6241
80	8,0	50,2655	447,36	,002235	,31784	3,1463	1,7012699	6400
81	8,1	51,5300	458,62	,002181	,31004	3,2254	1,7120599	6561
82	8,2	52,8102	470,01	,002128	,30252	3,3055	1,7227177	6724
83	8,3	54,1061	481,54	,002077	,29528	3,3866	1,7332461	6889
84	8,4	55,4177	493,22	,002028	,28829	3,4687	1,7436485	7056
85	8,5	56,7450	505,03	,001980	,28155	3,5518	1,7539277	7225
86	8,6	58,0881	516,98	,001934	,27504	3,6359	1,7640869	7396
87	8,7	59,4468	529,08	,001890	,26875	3,7209	1,7741285	7569
88	8,8	60,8212	541,31	,001847	,26268	3,8070	1,7840553	7744
89	8,9	62,2114	533,68	,001806	,25681	3,8940	1,7938699	7921
90	9,0	63,6173	566,19	,001766	,25113	3,9820	1,8035749	8100
91	9,1	65,0388	578,85	,001728	,24564	4,0710	1,8131727	8281
92	9,2	66,4761	591,64	,001690	,24033	4,1609	1,8226655	8464
93	9,3	67,9291	604,57	,001654	,23519	4,2519	1,8320559	8649
94	9,4	69,3978	617,64	,001619	,23021	4,3438	1,8413457	8836
95	9,5	70,8822	630,85	,001585	,22539	4,4367	1,8505371	9025
96	9,6	72,3823	644,20	,001552	,22072	4,5306	1,8596323	9216
97	9,7	73,8981	657,69	,001521	,21620	4,6255	1,8686333	9409
98	9,8	75,4297	671,32	,001490	,21180	4,7213	1,8775421	9604
99	9,9	76,9769	685,09	,001460	,20755	4,8182	1,8863603	9801
100	10,	78,5398	699,00	,001431	,20342	4,9160	1,8950899	10000

3. *Essais de gel et dégel.* — La résistance à l'effritement provenant du gel et du dégel est mesurée en faisant absorber au conducteur une certaine quantité d'une solution saline ; la cristallisation de cette solution et ensuite sa dissolution produisent des effets analogues à ceux que l'on veut mesurer.

4. *Flexibilité de l'isolation.* — On enroule une certaine longueur du conducteur autour d'un cylindre d'un faible diamètre, et l'on répète ensuite les essais d'isolement et d'absorption.

5. *Consistance de la couche isolante.* — Une longueur différente du conducteur est pliée en forme de V et suspendue sur la gorge d'une roue métallique sur laquelle tourne une roue dentée ; le nombre de tours qu'il faut faire faire à cette roue, jusqu'à ce qu'il y ait un contact métallique avec le conducteur, donne une mesure de l'élément précité.

6. *Adhésion de l'isolation.* — On passe un segment du conducteur, à travers un trou percé dans une plaque métallique, et on mesure l'effort qu'il faut exercer à l'extrémité du fil, pour enlever la couche isolante.

7. *Propriétés réfractaires de l'isolation.* — On augmente l'intensité du courant dans le conducteur soumis aux essais, jusqu'à ce que la couche isolante entre en combustion, et l'on note la nature de celle-ci ; carbonisation lente ou combustion directe, avec production de flammes.

8. *Essais de combustibilité.* — On soumet le conducteur à divers essais de combustion sous l'influence de sources de chaleur extérieures, et l'on note les diverses phases du phénomène.

9. *Essais de conductibilité.* — La conductibilité de l'âme en cuivre est mesurée et comparée ensuite à celle du cuivre pur.

10. *Essais de flexibilité.* — On plie un segment du conducteur sur une surface, dont le rayon de courbure est de 2 à 3 centimètres, par exemple, suivant la nature du conducteur, et on note le nombre de flexions nécessaires pour provoquer la rupture du fil.

Outre les règles ci-dessus, le même comité a jeté les bases d'un règlment destiné à rendre, autant que possible, uniformes les éléments principaux d'une installation d'éclairage électrique.

Le rapport de M. Slattery sur la distribution de l'électricité par les courants alternatifs, n'offre rien de particulièrement intéressant qui puisse nous engager à en donner un résumé ; on peut en dire autant de la discussion qui a suivi la lecture de ce travail.

La question de l'éclairage électrique à bord des navires, et tout particulièrement des navires de guerre, a fait le sujet d'un travail de M. le lieutenant J. B. Murdock ; quoique les documents qu'il renferme soient peut-être considérés à un point de vue essentiellement américain, ce travail donne quelques indications comparatives intéressantes, sur plusieurs installations faites en divers pays, à l'aide des systèmes les plus variés.

Un poids spécifique très faible est une des conditions essentielles imposées aux machines dynamo-électriques installées à bord des navires ; elles doivent, en outre, occuper le moins de place possible. Nous donnons dans le tableau p. 639, pour un certain nombre de machines européennes et américaines, les principaux éléments, savoir : le nombre de Watts disponibles dans le circuit extérieur, le nombre de tours normal, le nombre de Watts produits par kilogramme et par décimètre carré occupé.

Avec les perfectionnements incessants réalisés dans la construction des moteurs électriques, il est évident que l'emploi de ces derniers deviendra toujours plus général, pour la manœuvre des monte-charge, des ancres et des canons ; il est évidemment inutile d'employer de hauts potentiels vu le peu d'étendue du circuit de distribution ; des potentiels analogues à ceux d'un circuit d'éclairage à incandescence, seront assez élevées.

L'isolation parfaite des conducteurs est une condition primordiale de toute installation électrique à bord d'un navire ; il est bon de n'employer que des fils sous plomb, à cause des émanations salines qui rongent tout ; les coupe-circuits et les commutateurs doivent être isolés avec le plus grand soin et maintenus en bon état à cause du même motif.

Quelques installations ont été faites en employant la coque métallique du navire comme retour ; ce système est maintenant généralement peu employé, à cause des courts-circuits si faciles à se produire dans ce système. C'est, du reste, le même motif qui a fait supprimer dans les installations fixes de torpilles, la terre comme retour ; on avait obtenu, par suite des défauts d'isolation, des dérangements très considérables. Il est admis actuellement que, pour l'éclairage rationnel d'un navire, le double circuit doit être exclusivement employé.

A l'appui des inconvénients du circuit simple avec retour par la coque du navire, citons, sous toutes réserves toutefois, les observations que M. Moses a faites lors d'une traversée sur le paquebot la *Bourgogne*, dont l'éclairage électrique est installé d'après ce système. Un commencement d'incendie se déclara non loin du Havre, à la suite d'un court-circuit qui avait occasionné la

Dynamo	Nombre de tours	Watts dans le circuit extérieur	Watts par kg.	Watts par décimèt. carré
Edison n° 20	800	50.000	13,2	138,2
Brush H 3	850	66.000	20,7	369,0
Américaine, 50 foyers	875	21.600	12,6	—
Westinghouse, n° 18	900	30.000	17,9	91,1
Hochhausen, n° 8	1000	35.200	19,4	235,5
Mather, 500 foyers	1050	35.250	16,3	133,5
Weston, 6 W. I	1050	11.500	9,0	69,1
Brush, G. 4	1050	28.300	20,5	277,9
Américaine, 16 foyers	1075	6.480	10,6	—
Weston 7, W. I	1100	20.125	14,3	84,8
Westinghouse, n° 12	1100	18.000	8,8	73,8
Brush, F. 5	1100	19.000	18,7	240,2
Thomson-Houston, H. I	1150	25.600	13,4	141,3
Edison, n° 12	1200	30.000	15,2	120,9
Hochhausen, n° 6	1200	17.600	17,6	208,8
Thomson-Houston, E. I	1250	13.200	12,8	128,7
Mather, 400 foyers	1300	28.100	15,4	114,6
Edison, n° 8	1400	20.000	15,2	94,2
Thomson-Houston, C, I	1500	6.000	12,3	92,6
Manchester, n° 6	350	9.000	7,9	76,9
Victoria, H. 3	350	36.000	21,4	—
Siemens et Halske	350	16.000	17,9	—
Edison-Hopkinson, 10 in, L	350	16.800	6,4	108,3
Manchester, n° 7	400	22.500	10,1	94,2
Victoria, F. 3	400	21.600	19,0	—
Siemens et Halske	400	20.000	22,5	—
Edison-Hopkinson, 15 in S	420	39.600	7,5	142,9
Gramme, H 2 *d* 225	450	23.600	18,3	—
Elwell-Parker	450	50.000	12,3	—
Crompton, 40/110 J	460	45.100	14,8	318,7
Edison-Hopkinson, 8 *in* L	525	15.400	7,3	102,0
Manchester, n° 5	525	6.500	10,4	72,2
Crompton, 22/110 J	550	24.750	13,2	—
Manchester, n° 6 A	550	25.000	14,9	—
Edison-Hopkinson, 10 *in* L	550	25.200	9,7	—
Victoria, D. 2 S	600	8.400	14,8	—
Gramme, H. I*o* 200	600	14.000	14,1	—
Gant	670	50.400	20,3	318,1
Crompton, 60/110 J	675	66.000	21,6	404,5
Goolden-Trotter	675	16.000	13,7	—

combustion de 6 à 7 mètres de caoutchouc ; les officiers du bord avouèrent à M. Moses, qu'ils étaient constamment tenus en haleine par les dangers continuels d'incendie provenant de courts-circuits sous l'influence des émanations salines.

Un des inconvénients de l'éclairage électrique par incandescence, provient des vibrations continuelles du navire ; il ne semble cependant pas que ce fait ait une influence sensible sur la durée des lampes qui sont installées sur des supports élastiques. Souvent, par contre, des lampes sont brisées à la suite des décharges des canons monstres dont les cuirassés actuels sont armés.

M. Waldo a fait une communicatiou sur la fabrication des fils de bronze silicieux, qui ne renferme pas des faits bien nouveaux Le seul renseignement intéressant qu'a donné l'auteur, est l'annonce d'une baisse de prix prochaine de ce produit, à la suite de l'application des procédés et et du fourneau Cowles à la production du silicium par réduction de la silice.

Une séance presque entière a été occupée par la communication de M. Mailloux et de M. Reckenzaun, sur l'emploi des accumulateurs dans les installations d'éclairage et dans la traction des tramways et des chemins de fer. Les avantages et les inconvénients des accumulateurs dans les applications ci-dessus, sont connus en général de nos lecteurs ; comme les mémoires des deux électriciens ci-dessus, ne renferment pas de nouveaux détails de construction ou d'installation pratique, nous ne nous y arrêterons pas longtemps.

M. Mailloux a fait l'observation que la durée des lampes à incandescence est augmentée par l'emploi de courants continus fournis par les accumulateurs ; cela provient, peut-être, de ce que ces derniers courants sont continus dans le sens le plus strict du mot, tandis que ceux donnés par les machines électriques sont toujours ondulatoires.

Mentionnons encore une communication de M. Wecks, sur l'éducation électrique des ingénieurs ; la thèse de l'auteur ne s'applique qu'à l'Amérique, les conditions sur le continent étant tout autres. Cependant les compagnies et les industriels d'Europe pourraient bien mettre à profit les recommandations de M. Wecks, de mettre une bibliothèque scientifique aussi complète que possible, à la disposition de leurs employés, tout en leur laissant assez de temps disponible pour quelques études personnelles.

On sait que la question des fils aériens et des câbles souterrains est très brulante aux États-Unis ; le Congrès ne pouvait donc pas ne pas s'occuper de cette question ; c'est ce qui a eu lieu, en effet, et la session a été clôturée par une discussion assez longue sur ce sujet.

Ajoutons, enfin, qu'une exposition organisée par les divers constructeurs dont les représentants assistaient à la réunion, a eu lieu et a réussi au-delà de toute attente.

A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

L'AIMANTATION DU FER DANS LES CHAMPS MAGNÉTIQUES INTENSES. — A la réunion récente de l'*Association britannique* à Manchester, MM. Ewing et Low ont fait une communication sur ce sujet. Les auteurs ont continué leurs expériences bien connues dont les résultats ont été publiés, et ils ont réussi, au moyen d'un champ magnétique plus puissant, à obtenir des valeurs encore plus considérables de l'aimantation.

Leur méthode expérimentale consiste à placer entre les pièces polaires d'un électro-aimant puissant, une bande étroite en fer qu'ils retirent subitement ou qu'ils tournent sens dessus dessous, de manière à renverser son aimantation.

L'échantillon étudié a la forme d'une bobine en bois, étroite au milieu et terminée par deux extrémités larges et coniques, qui viennent en contact avec les pôles de l'électro-aimant et concentrent les lignes d'induction sur la partie centrale. On peut ainsi donner au métal de cette dernière partie une aimantation plus considérable que par l'action directe d'un solénoïde.

L'induction dans le fer a été mesurée balistiquement, au moyen d'une bobine en fil fin formant une seule couche, enroulée autour de la partie étroite.

Le champ magnétique, dans l'espace d'air voisin de cette partie, a également été mesuré par une seconde bobine d'induction d'un diamètre un peu plus grand.

Cette détermination du champ a permis d'appliquer une correction relative à l'espace d'air compris dans les spires de la bobine intérieure et de donner une approximation, probablement très exacte, de la valeur de la force magnétique à l'intérieur du métal même.

L'électro-aimant employé pour ces dernières expériences avait été fourni par le laboratoire de l'Université d'Edimbourg; les branches sont verticales et d'une longueur d'environ 60 c.m. Les noyaux ont 10 c.m. de diamètre. Les pièces polaires sont des blocs rectangulaires en fer doux forgé de 9, 6 c.m. carrés. Les pièces de fer en forme de bobine employées dans les expériences antérieures ont servi avec cet aimant, mais, munies de pièces coniques en fer doux, intercalées entre elles et les pôles de l'aimant les rendant en réalité plus grandes.

Avec des pièces de ce genre, d'un diamètre de 0,923 c.m. au milieu et avec une section transversale au même endroit de 0,669 c.m. carrés, (environ $\frac{1}{140}$ des pièces polaires) l'induction était de 38 000 unités C. G. S., tandis que, dans le fer, dans les plis les plus étroits, dans l'air, le champ magnétique était de 18 900 unités C. G. S. Ces chiffres ont été obtenus avec du fer de Lowmoor qui donnait les meilleurs résultats. Avec le fer suédois l'induction était de 37 628 unités C. G. S. Les bobines de l'électro-aimant étaient excitées en série avec une intensité de courant allant jusqu'à 40 ampères.

Pour obtenir des valeurs encore plus élevées, la partie droite des bobines en fer de Lowmoor était réduite à un diamètre de 0,397 c.m. Sa section n'était plus que de $\frac{1}{740}$ de celle des pièces polaires et on a obtenu ainsi une induction de 43 500 unités C. G. S. Le champ dans le voisinage immédiat de la pièce de fer donnait 25 620 unités.

L'induction permanente n'était que de 500 unités C. G. S.

En admettant que la force magnétique à l'intérieur du fer soit la même que dans le champ extérieur, on peut calculer la perméabilité et l'intensité d'aimantation.

Le rapport entre l'induction dans le fer et le champ extérieur est à la limite atteinte de 1,7, et l'intensité d'aimantation. (induction diminuée de la force magnétique (champ) et divisée par 4π) serait de 1 420. Dans les expériences antérieures, cette quantité prenait des valeurs qui diminuaient de 1680 à 1620, quand l'induction augmentait de 25 000 environ à 32 000. Dans l'expérience dont nous venons de parler, avec une induction de 43 500, la même quantité avait diminué d'une façon encore plus marquée.

Les auteurs ne peuvent pas encore se prononcer avec certitude au sujet du degré d'approximation que l'on obtient en calculant, comme nous l'avons indiqué, l'intensité d'aimantation T. A moins que la force magnétique moyenne à l'intérieur de la partie étroite en fer ne soit de beaucoup inférieure à la force de la surface, les résultats prou-

vent cependant que T diminue au fur et à mesure que l'induction est poussée vers ses valeurs extrêmes, en d'autres termes, que le fer tend à devenir diamagnétique, comme il fallait s'y attendre d'après la théorie de Weber. Les auteurs s'occupent actuellement de déterminer plus exactement la force magnétique à l'intérieur du métal, en examinant la variation de la force à de faibles distances de la surface de la partie resserrée.

En diminuant encore la section de la partie étroite en fer de Lowmoor, on a obtenu une induction de 45,360 unités C. G, S.; avec la fonte, on a pu pousser l'induction jusqu'à 31,270 unités C. G. S. par l'application d'une force magnétique de 16,900.

Les conducteurs souterrains pour l'éclairage électrique. — A la séance du 5 septembre de la section de mécanique de l'Association britannique pour l'avancement des sciences à Manchester, le professeur Georges Forbes a décrit un projet pour la distribution de l'électricité, au moyen de conducteurs souterrains. La première condition à remplir dans un système de ce genre est de rendre les conducteurs et leur isolation aussi peu couteux que possible.

L'auteur propose, à cet effet, d'employer des fils de cuivre nus, et une isolation par l'air.

Les conducteurs doivent ensuite être protégés contre les accidents par une canalisation solide et à bon marché. L'auteur propose donc d'employer les tuyaux ordinaires en fonte.

Il faut enfin que la canalisation puisse renfermer des conducteurs à plusieurs potentiels différents. On pourrait atteindre ce but au moyen de disques isolants en porcelaine percés de trous et placés dans chaque tuyau. Il y aurait autant de trous que de fils différents.

Puisqu'il faut pouvoir augmenter le nombre des fils dans un système, au fur et à mesure que la consommation d'électricité augmente dans le quartier, et puisqu'il faut avoir un moyen facile d'amener des fils d'embranchement dans les maisons, le professeur Forbes propose d'employer comme conducteurs des tubes minces et fendus en cuivre ayant une fente d'environ 6 millimètres de large.

Il faut aussi pouvoir facilement contourner des obstacles, comme un tuyau de gaz ou d'eau, et, à cet effet, l'auteur propose de pratiquer des trous aux extrémités des tuyaux en fonte, de chaque côté de l'obstacle, et de joindre les deux au moyen de câbles isolés couverts de plomb contenant autant de fils que les tuyaux.

Je puis ajouter que, dans la même séance, MM. Biggs et Snell ont fait une communication sur les dynamos à courants alternatifs et les transformateurs, dans laquelle les auteurs arrivent à la conclusion qu'il faudrait employer un courant constant dans le conducteur principal, au lieu d'un potentiel constant.

L'influence de la nature de la surface des filaments sur la radiation. — *La Lumière Électrique* a rendu compte, il y a quelque temps, des études de M. Mortimer Evans sur les filaments des lampes à incandescence qui l'ont amené à la conclusion que les surfaces brillantes donnaient plus de lumière que les surfaces ternes, pour un même travail dépensé. M. J. Bottomley de l'Université de Glasgow, a tiré des expériences de M. Evans la conclusion que la température à laquelle un filament de charbon doit être porté pour donner une radiation lumineuse définie est plus élevée pour une surface terne que pour une surface brillante.

M. Bottomley a vérifié ce résultat au moyen de fils fins en platine, dont les surfaces étaient tantôt noircies avec du noir de fumée, et tantôt brillantes. Les fils étaient soudés dans des globes vides d'air.

Les résultats ont confirmé les expériences de M. Evans. Quand deux fils identiques, l'un noirci et l'autre brillant, donnaient une radiation identique rouge sombre (température d'environ 600° C. pour le fil brillant), le rapport entre les résistances des deux fils était comme 130 à 93. Le coefficient de température du fil de platine varie beaucoup avec les échantillons, mais, d'après M. Bottomley, la résistance de la plupart des échantillons est doublée, quand la température s'élève de 0 à 300° ou à 400° C. ; et la variation de résistance est à peu près proportionnelle au changement de température. Il en résulte que le changement de température entre les deux fils de platine était très différent dans les deux cas.

La différence de température entre les deux globes en verre, était aussi très remarquable. Celui qui renfermait le fil brillant n'était que chaud, tandis que l'autre brulait au toucher.

J. Munro

États-Unis

Le système Westinghouse a courants alternatifs. — M. Westinghouse, l'inventeur bien connu du frein à air, a pris en mains, depuis quelques années, le développement de l'éclairage électrique au moyen des courants alternatifs et des transformateurs.

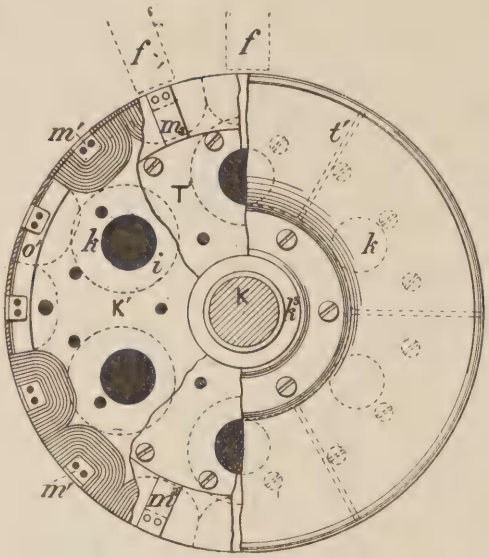


Fig. 3

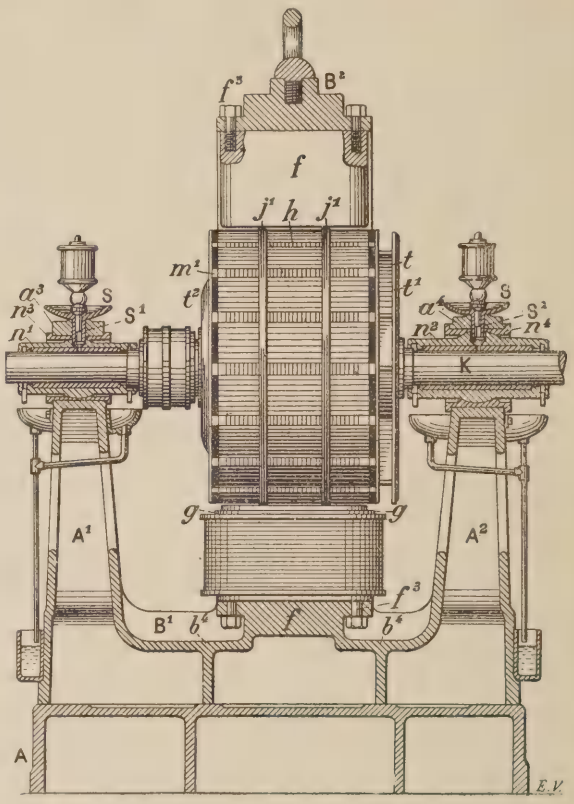


Fig. 2

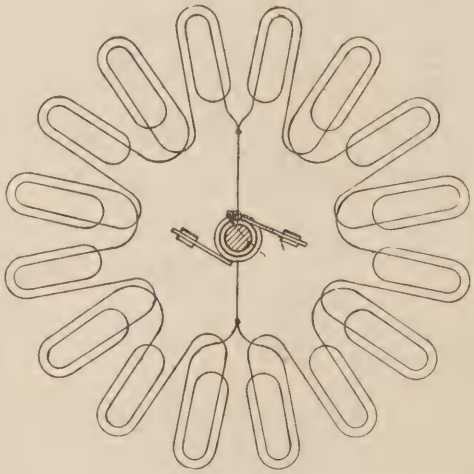


Fig. 4

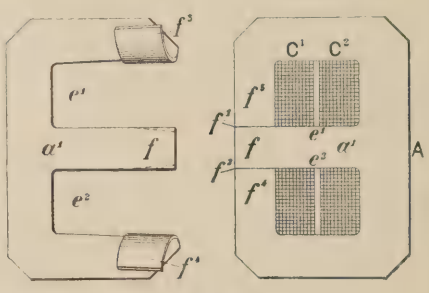


Fig. 5

La Compagnie Westinghouse, qui possède les brevets Gaulard et Gibbs pour les Etats-Unis, ne s'est pas contentée d'employer les appareils de ceux-ci, mais elle a élaboré toute une série de types, non-seulement pour les transformateurs, mais encore pour toutes les machines, lampes, etc.

Nous allons donner une idée de l'ensemble de ce système, sans rappeler le principe même sur lequel il est basé, et qui est bien connu. Il y a deux ans environ, que la première station de ce système a été établie à Pittsburg, par M. W. Stanley, ingénieur de la Compagnie; actuellement, il y a plus de 27 de ces stations alimentant des lampes d'une puissance totale de 75000 bougies.

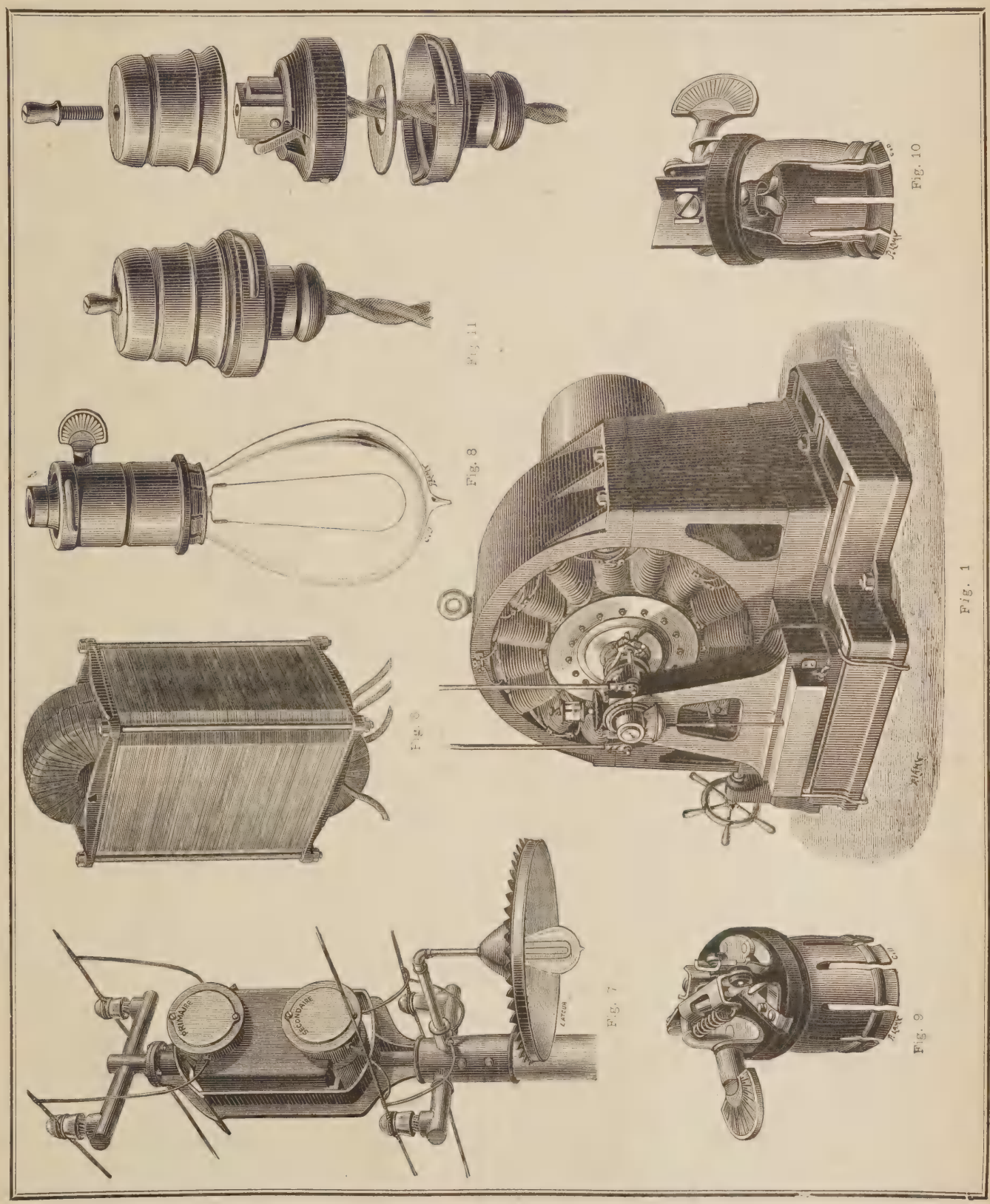


Fig. 1 Fig. 7 Fig. 8 Fig. 9 Fig. 10 Fig. 11

Les installations de la Compagnie Westinghouse, sont faites d'après le système ou groupement des transformateurs en arc parallèle ou en dérivation. Le potentiel moyen du circuit primaire est de 1000 volts, que les transformateurs réduisent à 50 pour les lampes.

Voyons, d'abord, la génératrice d'électricité; c'est une machine à courants alternatifs de haut potentiel, excitée par une machine à courant continu [1].

Cette machine, qui est dûe à l'un des électriciens de la compagnie, M. Stanley, est représentée, en élévation et en coupe, par les figures 1 et 2.

Elle comprend une couronne en fonte, en deux parties, portant 16 électros *f*, *f*, de polarités alternées qui constituent l'inducteur fixe. L'induit présente une construction et un enroulement assez curieux, qu'on comprendra d'après les figures 3 et 4.

Le noyau en est formé de disques de tôle isolés, et dans lesquels on a disposé des trous *k*, *k*, pour l'aération; sur la surface du tambour sont disposées des bandes non-magnétiques *m' m'*, (fig. 3), et les bobines sont enroulées à plat autour de ces bande, sur la surface du cylindre, les extrémités étant rabattues à angle droit sur les deux côtés.

L'enroulement est fait comme l'indique la figure 4, dans laquelle on suppose les bobines rabattues sur le plan; dans ce schéma, qui se rapporte à une grande machine, les bobines sont groupées en deux circuits parallèles, dont les extrémités communes sont reliées à deux bagues lisses en relation avec les balais.

On comprend de suite le jeu de l'induction: on a autant de bobines que d'inducteurs, et l'induction maximum a lieu, quand un pôle se trouve entre deux bobines; les forces électromotrices induites dans les deux parties contigues de celles-ci sont de même sens et elles s'ajoutent par suite des connexions inversées (fig. 4).

Ces machines sont de trois types.

Leur capacité, en lampes de 16 bougies, est, pour le type 1, de 650; pour le type 2, de 1300; pour le type 3, de 2500.

La machine numéro 1 pèse 2250 kilogrammes; le numéro 2, 3400 kilogrammes, et le numéro 3, 6000.

Quand au nombre de tours, il est, pour les deux premiers types, de 1650, et de 1175, pour le troisième.

Les transformateurs sont également d'une construction particulière, ainsi que le montrent les figures 5 et 6. Les deux bobines P S sont placées côte à côte; les lignes de force étant concentrées par une carcasse de fer doux, formant un circuit magnétique principal simple, à l'intérieur de la bobine et divisé à l'extérieur.

Cette carcasse ou ce noyau est formé de minces tôles découpées suivant le gabarit (fig. 5), et empilées de manière à alterner les joints; les tôles isolées au papier verni sont réunies par deux plaques de fonte et serrées par 4 boulons.

On remarquera que la partie centrale du noyau sera, d'après les dimensions indiquées, soumise à une réduction double de celle des parties extérieures; cette disposition, défectueuse au point de vue magnétique, ne s'explique guère.

Ces transformateurs, qui ont été combinés par MM. Schmidt et Stanley, correspondent, suivant les types, à 20, 30 et 40 lampes de 50 volts et de 16 bougies; le dernier type renferme 40 kg. de fer et 11 de cuivre.

Ces transformateurs sont renfermés dans des boîtes en fonte, complètement fermées; les bornes des deux circuits aboutissent dans deux chambres séparées auxquelles deux regards donnent accès; là sont également disposées des pièces fusibles et les fiches de connexion.

Dans le cas où les conducteurs sont aériens, par exemple, pour l'éclairage public, on fixe les transformateurs au sommet de supports spéciaux en métal, comme l'indique la figure 7; dans le premier cas, les conducteurs secondaires seuls arrivent au pied des supports pour pénétrer de là dans les habitations.

Pour aujourd'hui, nous nous contentons d'indiquer seulement le type des lampes de la Compagnie Westinghouse, de 16, 25, 50 et 150 bougies; les détails du socle et le commutateur sont très bien entendus, comme on peut en juger: nous y reviendrons peut-être plus en détail.

J. Wetzler

[1] Pour la machine Westinghouse à courants alternatifs, voir *La Lumière Électrique*, 1886, v. XX, p. 267.

RÉSUMÉ DES

BREVETS D'INVENTION

délivrés depuis le 1er janvier 1887

182051. — CARLIN (8 mars 1887) — PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AUX PILES SECONDAIRES.

L'invention porte sur un mode spécial d'obtention du plomb à un état de porosité particulière, et d'application de ce plomb à la confection d'électrodes pour accumulateurs.

M. Carlin est l'inventeur d'un procédé spécial de sulfuration des métaux, permettant de faire des alliages dans toutes proportions. Or, c'est ce procédé qu'il applique dans le cas actuel, pour obtenir un alliage de plomb et de cuivre contenant 45 à 55 o/o de plomb.

Voici ce procédé :

Après avoir plongé dans du plomb en fusion 5 à 6 o/o de soufre, et avoir brassé le mélange jusqu'à ce que le dégagement d'acide sulfureux ait cessé, il verse ce plomb dans du cuivre en fusion, de manière à avoir un alliage de 45 à 55 o/o de cuivre.

Cet alliage, ainsi obtenu, se martèle, se lamine avec facilité et, lorsqu'il est obtenu en planches minces, on fait dissoudre le cuivre par un procédé quelconque, de telle sorte que le plomb qui reste est particulièrement poreux à cause des vides laissés par le cuivre.

Par ce procédé, M. Carlin a, paraît-il, obtenu des électrodes dont, à poids égal, la force active est considérablement augmentée.

182077. — WYNNE (9 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES MOYENS OU APPAREILS SERVANT A L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ A LA TRACTION DES VOITURES SUR LES ROUTES OU SUR LES RAILS.

Ce système a quelque chose d'analogue à celui de M. Pollak, dont nous avons déjà parlé dans le journal, mais il est un peu plus compliqué.

Au centre de la voie entre les rails, court un tube de fonte renfermant le conducteur principal, et fermé par une sorte de grille, dans le sens de la longueur, dont les fragments doivent nécessairement être mis en contact avec le conducteur.

Ces contacts sont obtenus par un petit charriot roulant sur le conducteur même avec le véhicule, et dont la partie supérieure porte des galets qui frottent sur les tronçons de la grille supérieure.

Le retour étant fait par un rail du tramway ou par un conducteur spécial, le véhicule et le charriot intérieur se trouvent montés en série, lorsque le circuit est fermé, de telle sorte que le véhicule qui a des balais frottant sur le grillage, est toujours en relation avec le conducteur, alors qu'en avant et en arrière, les sections du grillage sont isolées.

Comme il pourrait arriver que le charriot, porte-contact, ait une vitesse plus grande que la voiture, les inducteurs et la bobine ont deux enroulements dans le sens inverse. S'il avance trop, le courant est fermé par les galets d'arrière et le deuxième courant, agissant sur le champ, diminue sa vitesse.

Ce système est, sans doute, assez ingénieux ; mais quoiqu'en dise son inventeur, il apparaît comme devant être particulièrsment délicat et coûteux.

182150. — PASCAL (9 mars 1887). — SYSTÈME ÉLECTRIQUE ARRÊTANT AUTOMATIQUEMENT LES MÉTIERS A TISSER LES RUBANS OU ÉTOFFES, LORSQU'UNE IRRÉGULARITÉ SE PRODUIT DANS LE TISSAGE.

Dans le système de M. Pascal, qui semble d'ailleurs assez ingénieux, un circuit électrique est établi dans tout le métier par des contacts métalliques placés sur chaque navette. Le fil de retour est coupé par un petit levier, qui tient suspendu le fil de trame.

Quand celui-ci vient à se détendre ou à se casser, ce qui arrive quand un nœud ou une irrégularité quelconque se produit, ce levier s'abaisse, ferme le circuit, attire son armature et désembraye le métier.

Nous recommandons le présent système à MM les canuts de Lyon et d'ailleurs.

182086. — MARTENOT (10 mars 1887). — APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ AUX CHAUDIÈRES A VAPEUR, MACHINES A AIR COMPRIMÉ, BOUILLEURS, RÉSERVOIRS A GAZ, etc.

Dans son invention M. Martenot met l'électricité à contribution pour essayer de faire disparaître le danger d'explosion, qui accompagne en général les engins sus-nommés dans le titre.

Comme exemple, nous ne parlerons que de ce qui regarde les chaudières à vapeur, les dispositifs étant à peu près les mêmes, quelles que soient les machines sur lesquelles l'application ait été faite.

D'ailleurs le système est facile à comprendre et les explications ne seront pas nécessaires, lorsque nous vous aurons dit que l'inventeur dispose un électro-aimant au-dessus des leviers des soupapes de sûreté, et qu'il dispose le manomètre de pression de telle sorte que, lorsque l'aiguille indique le chiffre qu'on ne doit pas dépasser, celle-ci ferme le circuit de l'électro qui, agissant, soulève les soupapes et fait par suite baisser la pression.

Ce premier danger évité, reste celui inhérent au manque d'eau. Dans ce cas, c'est toujours un électro qui est l'organe principal, et qui actionne, lorsqu'il est excité, le siffard de la machine. La fermeture du circuit est, comme dans le premier cas, automatique.

L'indicateur de niveau est pourvu à une hauteur con-

venable de deux contacts, et l'eau qu'il renferme contient à sa surface une petite sphère conductrice creuse, qui, vous l'avez deviné, quand le niveau baisse, vient fermer le courant en s'appuyant sur les deux contacts.

Voilà tout.

Il y a bien une variante dans le brevet, qui consiste à remplacer l'électro par une chambre à poudre à laquelle met le feu l'étincelle, résultant du passage des courants, et qui, s'entrouvant pour laisser passer les gaz de l'explosion, fait la manœuvre des soupapes; mais c'est plus compliqué que le premier dispositif.

182081. — STEVEN PETIT et STEVEN BRESSON (9 mars 1887). — APPAREIL DIT « ELECTRO-AVISO » CONTRE L'INCENDIE.

Cet appareil, baptisé du nom que nous venons d'écrire est tout bonnement un avertisseur fondé sur le principe de la dilatation des métaux. Il se compose, paraît-il, d'un fil métallique d'un très petit diamètre, tendu et fixé par ses extrémités aux bouts d'une barre de métal très épaisse.

Dans ces conditions, ce fil doit rester tendu, malgré les variations de température ordinaires, la barre de métal et le fil se dilatant et se contractant ensemble. Au contraire lorsque, par suite d'un incendie, la température de la pièce où se trouve l'appareil vient à monter brusquement, le fil se dilatant plus vite que la barre de métal, se détend immédiatement, et une petite rondelle de cuivre qu'il supporte, venant à toucher une vis de contact, ferme le courant d'une pile sur la sonnette du poste de pompiers voisin.

L'électro-aviso, disent ses pères, est un instrument des plus sensibles : nous le croyons volontiers, seulement, nous savons qu'on a déjà essayé pas mal d'avertisseurs fondés sur les mêmes principes, et que ceux-ci n'ont jamais donné des résultats bien encourageants.

182123. — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX (11 mars 1887). — PERFECTIONNEMENTS DANS LES PROCÉDÉS ET APPAREILS POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ET NOTAMMENT LA SOUDURE, LA RIVURE, etc.

En analysant des brevets précédents, pris par la société en question, nous avons eu déjà l'occasion de vous parler de la soudure et de la rivure électriques.

Vous avez vu combien c'était simple, n'est-ce pas, eh bien, il y a tout de même quelques petites précautions de détail à prendre et cela pour la raison suivante :

Pendant l'opération, l'intensité du courant n'est pas constante. Pour un même travail elle varie avec la nature des métaux à souder, et pour une même matière elle dépend du travail effectué.

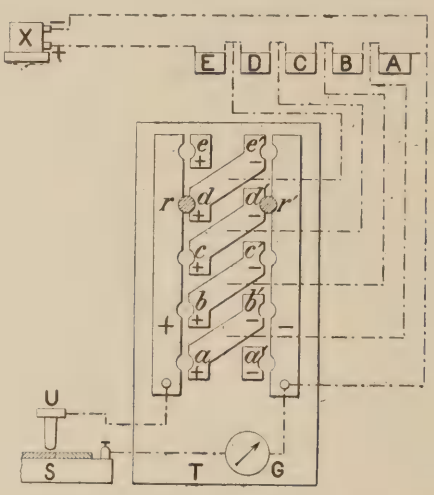
Il s'agit de rendre cette intensité constante. En apparence, on peut dans ce but agir sur trois facteurs :

1° Résistance du circuit;

2° Force contre-électromotrice développée par l'arc;

3° Différence de potentiel entre l'entrée et la sortie du circuit de travail.

Mais, comme pour agir sur la résistance, il faudrait

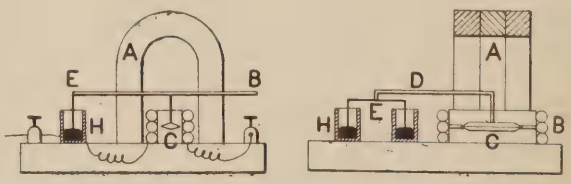


disposer de rhéostats considérables, et qu'on ne peut rien sur la force contre-électromotrice de l'arc, en réalité on ne peut agir que sur le dernier facteur : la différence de potentiel.

Comme pour la soudure on se sert d'accumulateurs, le moyen est assez simple, et consiste à faire usage d'une table de groupements permettant d'employer à volonté un nombre variable d'éléments.

La figure 1 montre comment cette table T est agencée.

La machine dynamo est en X et A B C D E sont les groupes d'accumulateurs chargés par elle. Comme il faut que l'opérateur puisse, selon son gré, mettre dans le cir-



cuit deux des groupes quelconques d'accumulateurs, la table T est une table à deux entrées. Elle se compose de languettes de bronze a', ab', bc' cd', dc', c qui sont placées en regard de deux bandes de cuivre l et p.

Un bouchon métallique r relie la bande l à une quelconque des languettes marquées $+$, a, b, c, d, e et un second bouchon r' permet de relier à p une quelconque des languettes marquées $-$, a', b', c', d', e'. Les circuits étant disposés comme le montre la figure, le mouvement est alors facile à comprendre.

Les bandes l et p servent de prises de courant. Veut-on

par exemple le groupe D seul, on met le bouchon r en d, et le bouchon r' en d'. L'intensité baissant alors après un certain temps de travail, s'agit-il d'y ajouter un autre groupe, A par exemple ? on laisse r en d et on met r' en a'.

En un mot, toutes les combinaisons sont possibles. Il faut pourtant ajouter qu'une pareille manœuvre avec des bouchons n'étant pas bien commode, en pratique, on remplace ces derniers par des commutateurs à manette.

Maintenant, ce n'est pas encore tout. Quand on se sert, comme dans le cas actuel, d'accumulateurs chargés constamment par une machine, il faut éviter que, par un excès de charge, le courant inverse des accumulateurs ne devienne, à un moment donné, supérieur à celui de la machine.

Un interrupteur automatique est toujours nécessaire. On en a déjà fait de toutes sortes, mais voici représenté par les figures 2 et 3, celui qui est la propriété de la société de rivure électrique.

Il se compose d'un ou plusieurs aimants en fer à cheval A, entre les branches desquels est disposé un cadre B entouré de gros fil. Dans ce cadre monté sur des couteaux est une arête en fer C, qui porte un équipage D se terminant par une fourchette métallique E, qui fait communiquer entre eux les deux godets à mercure H.

Au repos, la fourchette tend à se soulever et par suite à rompre le circuit. Au moment de la mise en marche, on abaisse cette fourchette, et, lorsque le régime est établi, le courant de la dynamo maintient l'immersion des branches dans le mercure. Tant que dure la charge, les choses restent ainsi en état; mais lorsque l'intensité vient à décroître pour la raison que nous avons dite, la fourchette E se soulève, et rompt le circuit de la machine, au moment même où le courant inverse des accumulateurs devient dangereux par son existence.

(A suivre)

P. Clemenceau

FAITS DIVERS

La première sous-commission, dite du cahier des charges de la commission technique d'électricité de la ville de Paris, instituée par les arrêtés préfectoraux des 13 août 1881 et 14 Juillet 1887, vient d'élaborer le cahier des charges suivant, pour les installations d'éclairage et de transport de la force par l'électricité.

I. *Etablissement et entretien du réseau.*

Article premier. — *Objet du cahier des charges.* — Le sieur X..., demeurant à Y... (ou la Compagnie dont le siège est à Z...) est autorisé à placer, soit à l'intérieur des galeries d'égouts, soit en terre sous les chaussées et les trottoirs, dans les voies indiquées au tableau du projet, les fils ou câbles destinés à la transmission des courants électriques pour la production de la lumière ou le transport de la force motrice, et à exécuter tous les travaux nécessaires pour cette canalisation.

Art. 2. — *Installation des fils ou câbles dans les égouts.* — Les fils ou câbles ne pourront être placés dans les galeries d'égouts que lorsque l'administration aura reconnu :

1° Que la place ne fait pas défaut pour les y recevoir ;

2° Qu'ils peuvent, eu égard à la nature et à l'intensité du courant et à la disposition des enveloppes isolantes, y être logés sans danger pour les personnes circulant dans ces galeries, et sans inconvénients pour le fonctionnement des divers services publics qui y seront installés ultérieurement.

L'administration se réserve, dans tous les cas, le droit de prescrire au permissionnaire d'enlever des égouts sa canalisation à une époque quelconque, soit à la suite d'inconvénients constatés, soit uniquement pour permettre l'installation de nouveaux services publics.

Faute par le permissionnaire d'avoir terminé cet enlèvement dans le délai qui lui aura été imparti, il subira une retenue de 50 francs par jour de retard et par kilomètre de canalisation non enlevée, sans préjudice de l'exécution d'office que pourra ordonner l'administration.

Le permissionnaire sera d'ailleurs autorisé en pareil cas à rétablir sa canalisation sous les trottoirs s'il y existe un espace suffisant pour la recevoir.

Art. 3. — *Installation des fils ou câbles sous les trottoirs.* — Toutes les fois que les fils ou câbles ne pourront être installés dans les égouts, ils seront placés sous les trottoirs dans des conduites en poterie, en maçonnerie ou en métal, établies près des maisons à une faible profondeur. L'emplacement et le diamètre extérieur maximum de ces conduites seront fixés dans chaque cas par l'administration, selon la place laissée disponible par les canalisations déjà établies sous le même trottoir. Le permissionnaire ne sera admis à présenter aucune réclamation à raison du refus d'autorisation de passer dans certaines rues pour défaut de place sous les trottoirs.

Les fils ou câbles ne seront établis sous chaussée que pour la traversée des voies. Ces traversées se feront à une profondeur d'au moins un mètre.

Il sera établi une canalisation sous chaque trottoir longeant des immeubles à desservir, de manière que les branchements d'immeubles ne traversent jamais la chaussée.

Il ne pourra être fait exception à cette règle que pour les voies de moins de...

Des regards seront établis de distance en distance pour permettre la visite de la canalisation et le remplacement de fils sans ouverture de fouille. Les emplacements et dispositions de ces regards seront fixés par l'administration sur la proposition du permissionnaire. Dans tous les cas, ces regards seront recouverts de trappes bitumées.

Un regard sera placé obligatoirement en tête de cha-

cune des traversée des câbles sous chaussée. Pour la traversée des voies larges ou fréquentées, et en particulier lorsque la chaussée sera sur fondation de béton, il y aura un regard de part et d'autre de la traversée, et l'administration pourra en outre exiger que ces regards soient reliés par des galeries dont elle fixera le type, et qui, dans aucun cas, ne devront être mises en communication avec les égouts ou les branchements particuliers. Si la galerie se trouve coupée par un égout, le câble passera d'un côté à l'autre, soit par-dessus l'égout, soit en le traversant dans un manchon.

Art. 4. — *Branchement d'immeubles.* — Les fils de dérivation pénétrant dans les immeubles seront établis dans les branchements d'égouts, si les câbles sont eux-mêmes en égout ; dans le cas contraire, la traversée du trottoir entre le câble principal et la façade se fera en terre dans des conduites reliées à celles du câble principal.

Art. 5. — *Transformateurs.* — S'il est fait usage de transformateurs, ils seront installés en dehors de la voie publique.

Art. 6. — *Présentation des projets de canalisation.* — Avant tout commencement d'exécution de chaque portion de canalisation sous les voies publiques, les projets en seront présentés à l'administration en quadruple expédition par le permissionnaire, qui ne pourra mettre la main à l'œuvre qu'après que l'acceptation de ces projets lui aura été notifiée. Pour les dresser, il pourra prendre communication dans les bureaux d'ingénieurs de tous les éléments dont dispose l'administration en ce qui concerne les conduites d'eau, de gaz ou autres canalisations déjà autorisées, les égouts et branchements particuliers, les nivellements existants ou projetés, etc., mais il ne pourra, en aucun cas, se prévaloir contre l'administration des erreurs, imperfections ou lacunes dont pourraient être entachés les documents mis à sa disposition, ni des difficultés matérielles qui pourraient surgir dans l'exécution des travaux.

Art. 7. — *Tenue à jour des plans de canalisation.* — Le permissionnaire tiendra constamment à jour un plan à l'échelle de 1/1000 du réseau de canalisation. Chaque branchement d'immeuble y sera indiqué avec le nombre et la catégorie des lampes qu'il alimente, ou l'indication en chevaux de 75 kilogrammètres de la force motrice qu'il dessert. Ce plan sera complété par tous renseignements sur la destination et la composition des câbles, la nature, les dimensions et l'emplacement des conduites, etc. Des coupes détaillées à l'échelle de $0^m,02$ ou de $0^m,05$ y signaleront les dispositions spéciales adoptés sur tel ou tel point du réseau, notamment à la rencontre des égouts, branchements de conduites d'eau ou de gaz, ainsi que dans les traversées des chaussées.

Ce plan sera fourni en trois expéditions qui seront revisées et mises au courant tous les six mois.

Art. 8, *Avis préalable à l'exécution des travaux.* — Tous jours avant de commencer un travail quelconque de canalisation, le permissionnaire devra en donner avis aux ingénieurs du service municipal. Il en sera de même pour tous les travaux d'entretien et de réparation de la canalisation, sauf en ce qui concerne les recherches en cas d'accident, pour lesquelles l'avis pourra n'être donné que le jour même de la recherche.

Art. 9. — *Recouvrement des frais de réfection des ouvrages publics.* — Le permissionnaire acquittera à la caisse municipale, sur le vu d'états trimestriels de recouvrement qui seront soumis à son acceptation, les frais de réfection définitive de la voie publique nécessités par les ouvertures de tranchées, soit pour l'entretien, soit enfin pour l'enlèvement des conduites. Ces frais seront établis à forfait, d'après les bases ci-après :

Mètre superficiel de chaussée pavée.....		5	francs
—	d'empierrement.....	3	—
—	asphaltée.....	18	—
—	en bois.....	23	—
—	dallage en bitume.....	8	—
—	en granit...	5	—
—	morceau de bordure..... droite ou circulaire.	1	—

Immédiatement après l'exécution des travaux et jusqu'à la réception définitive, le permissionnaire devra rétablir et entretenir la viabilité provisoire sur les tranchées ouvertes par lui, sans toutefois que cet entretien à sa charge puisse se prolonger plus de quinze jours après l'achèvement des remblais dans chaque rue.

Toutes réfections d'ouvrages publics nécessaires par l'établissement de la canalisation et ne rentrant pas dans l'une des catégories ci-dessus définies, seront recouvrées sur états dressés d'après la dépense effective constatée par attachements

Art. 10. *Exécution des prescriptions administratives.* — Le permissionnaire sera tenu de se conformer pour l'exécution des travaux à toutes les prescriptions des services municipaux dépendant de la direction technique de la voie publique et des promenades, ou ce celle des eaux ou de l'assainissement.

Il sera d'ailleurs soumis d'une manière générale, pour l'exploitation du réseau, à tous les règlements ou arrêtés qui sont actuellement ou seront en vigueur pendant la durée de l'exploitation.

II. *Nature, durée et conditions de l'autorisation. — Retrait de l'autorisation. — Rachat.*

Art 11 *Durée de l'autorisation accordée sans monopole.* — La présente autorisation est accordée pour une durée de ...années à partir de la date de la notification de la décision approbative, sans monopole, ni privilège quelconque, la ville de Paris se réservant le droit absolu d'accorder d'autres autorisations du même genre, même dans l'étendue du réseau des voies auquel s'applique la présente autorisation, sans que le permissionnaire puisse s'en prévaloir pour réclamer aucune indemnité.

La ville de Paris se réserve d'ailleurs expressément le

droit, si elle en reconnaît la nécessité, de délimiter les zones attribuées exclusivement à tel ou tel permissionnaire.

Art. 12. *Nature et limitation de la garantie accordée en ce qui concerne les emplacements.* — La ville de Paris s'engage à réserver au permissionnaire, à l'exclusion de tout autre, pendant la durée de l'autorisation, les emplacements qui lui auront été attribués.

Mais elle se réserve le droit de prescrire, et même en cas d'urgence, d'opérer le déplacement ou l'enlèvement aux frais du permissionnaire, de telles ou telles parties de la canalisation, toutes les fois que l'intérêt des services municipaux l'exigera. Le permissionnaire sera invité, au moins cinq jours à l'avance, sauf le cas de force majeure, à opérer ces déplacements ou enlèvements, et, en cas d'inexécution, la ville de Paris pourra y faire procéder d'office aux frais du permissionnaire et sans qu'il puisse en résulter pour lui aucun droit à indemnité.

Art. 13. — *Tarifs.* — Le permissionnaire restera absolument maitre de ses tarifs, sous réserve de ne pas dépasser un maximum de 0 fr. 06 pour une carcel-heure, ou de 0 fr. 60 pour un cheval électrique, livré aux abonnés. Il devra faire agréer par l'Administration les modèles de ses polices d'abonnement.

Art 14. — *Obligation de satisfaire à toute demande d'abonnement dans les voies desservies.* — Le permissionnaire sera tenu, sauf dans des circonstances spéciales que l'Administration se réserve d'apprécier, de fournir l'électricité à toute personne qui la demandera sur le parcours dans toute voie desservie par ses câbles de distribution. Cette disposition n'est pas applicable aux voies par des câbles destinés seulemement au transport de l'électricité entre une usine centrale et des usines secondaires ou des appareils de transformation.

Art. 15 — *Éclairage public.* — Le permissionnaire sera tenu de livrer l'électricité à la ville si elle le désire, soit sur la voie publique, soit dans les propriétés communales ou dans toutes installations de services administratifs. — Le prix de livraison de l'électricité à la ville sera, pour chaque trimestre, égal au 2/3 du prix le plus bas appliqué aux particuliers pendant le cours de ce trimestre.

Art. 16. — *Contrôle.* — La ville soit qu'elle fasse usage de l'électricité, soit dans l'intérêt du public, se réserve la faculté d'organiser, si elle juge opportun, un contrôle quotidien ou périodique de l'éclairage électrique. A cet effet, elle pourra toujours exiger que le permissionnaire mette gratuitement à sa disposition sur différents points du réseau, des chambres noires auxquelles aboutira une dérivation ordinaire alimentant au moins trois lampes de la valeur d'un carcel-type par station, et dans lesquelles seront installés tous appareils qui pourront être reconnus nécessaires pour le fonctionnement du contrôle.

Art. 17. — *Redevances.* — Le permissionnaire paiera trimestriellement à la ville pendant toute la durée de l'autorisation :

1° Une redevance de ..... francs, par an pour chaque kilomètre ou fraction de kilomètre de conduite longitudinale posée en égout ou sous trottoirs ;

2° Un prélèvement de 5 o/o sur les produits bruts constatés soit par le montant de ses polices d'abonnement, soit par le relevé des compteurs pour l'éclairage comme pour la force motrice. — A cet effet, les polices seront communiquées à l'administration, et des états trimestriels de recouvrement seront soumis à l'acceptation du permissionnaire dans le courant du mois qui suivra l'achèvement de chaque trimestre. Il ne sera fait aucune déduction pour les non-valeurs, mais il sera tenu compte des cessations d'abonnement régulièrement signalées par le permissionnaire.

Art. 18. — *Redevance supplémentaire pour compenser les droits d'octroi dans le cas de production de l'électricité en dehors de Paris.* — Dans le cas où l'électricité serait produite dans des usines hors Paris, le prélèvement sur les produits bruts serait porté à 6 1/2 o/o. Si les droits d'octroi sur le charbon viennent à subir des variations quelconques, la redevance supplémentaire de 1 1/2 c. o/o varierait proportionnellement.

Art. 19. — *Délais de paiement et obligation pour le concessionnaire de produire toutes pièces justificatives.* — Le permissionnaire s'acquittera, chaque trimestre, des redevances ci-dessus déterminées, dans le délai de huit jours, à dater de l'avis qui lui sera donné à cet effet par le Receveur municipal. Il donnera aux fonctionnaires ou agents de la ville, chargés des vérifications relatives à l'établissement de ces redevances, toutes les indications nécessaires à cet effet. Il devra notamment mettre à leur disposition les livres et pièces justificatives dont ils auront besoin.

Art. 20. — *Conditions de retrait de l'autorisation.* — L'autorisation pourra être retirée par un arrêté préfectoral rendu après avis du conseil municipal :

1° Si le permissionnaire transfère à des tiers tout ou partie des droits et obligations résultant pour lui du présent cahier des charges, sans une autorisation expresse et par écrit du préfet de la Seine, après avis du Conseil municipal ;

2° Si, pendant la durée de l'autorisation, il suspend la distribution de l'électricité sur la totalité ou sur une partie de son réseau ;

3° Si le permissionnaire ne se conforme pas aux obligations imposées par le présent cahier des charges.

Art. 21. — *Conditions du rachat.* La ville de Paris se réserve le droit de rachat à toute époque après l'expiration des sept premières années de la durée de l'autorisation.

Le prix du rachat sera déterminé de la manière suivante :

1° On calculera la moyenne des produits nets annuels obtenus par le permissionnaire pendant les cinq années qui auront précédé celle où sera effectué le rachat. Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui

sera due et payée au permissionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de l'autorisation. Dans aucun cas le montant de l'indemnité ne sera inférieur au produit net de la dernière des cinq années prises pour terme de comparaison.

Il sera loisible à la ville de se libérer à un moment quelconque des annuités restant à payer à raison du rachat, en soldant le capital représentant la valeur actuelle de ces annuités au taux d'intérêt de 6 o/o ;

2° En ce qui concerne la canalisation, les machines et appareils de toute nature, l'outillage des ateliers, les mobiliers des bureaux, les terrains, bâtiments, etc., et en général tout ce qui sert à l'exploitation du permissionnaire, la ville de Paris les reprendra en totalité, d'après leur valeur vénale au moment du rachat, à dire d'experts.

Cette valeur sera payée au permissionnaire dans les dix mois qui suivront le rachat.

Moyennant le paiement de ce prix de rachat, le permissionnaire devra subroger la ville à tous ses droits et privilèges, baux, locations, promesses de vente, etc. En conséquence, il lui est interdit d'aliéner ou d'hypothéquer au profit de qui que ce soit, ses installations sous la voie publique ou dans les propriétés privées, lesquelles sont considérées dès l'origine, comme immeubles par destination. — Sont exceptés, de cette clause, les immeubles appartenant au permissionnaire, mais non utilisés pour l'exploitation qui fait l'objet de la présente autorisation.

Art. 22. — *Remise des lieux en état à la fin de la durée de l'autorisation.* — A l'époque fixée pour l'expiration de la présente autorisation, si l'Administration n'opère pas le rachat dans les conditions sus-indiquées, la canalisation sera enlevée et les lieux remis dans leur état primitif aux frais du permissionnaire, soit par ses soins, soit d'office, sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

III. — *Conditions particulières et générales*

Art. 23. — *Responsabilités.* — Le permissionnaire sera entièrement et uniquement responsable, tant envers la ville qu'envers les tiers, de toutes les conséquences dommageables que pourrait entraîner l'exécution, la présence ou le fonctionnement de la canalisation électrique.

Si les canalisations du permissionnaire subissent des avaries par le fait d'ouvriers d'entrepreneurs de la ville, ces avaries, dûment constatées par les agents du service municipal, seront réparées aux frais desdits entrepreneurs, mais sans aucune garantie de la part de la ville.

Art. 24. — *Cautionnement.* — Le permissionnaire devra comme garantie des obligations ci-dessus énumérées, constituer à la caisse municipale un cautionnement en rentes françaises ou en obligations de la ville de Paris, au cours moyen de la veille du dépôt. Il en touchera les arrérages.

En cas d'extension du réseau qui fait l'objet de la présente autorisation, la ville se réserve le droit d'exiger une augmentation proportionnelle au cautionnement.

Art. 25. — *Amendes.* — Toute inexécution des clauses du cahier des charges, toute infraction aux règlements en vigueur ou aux prescriptions édictées par l'Administration dans la limite des droits que lui confère le cahier des charges, donnera lieu à l'application d'une amende de 20 francs par infraction et par jour de retard, jusqu'à l'exécution de la prescription, sans préjudice de l'application des clauses relatives au retrait de l'autorisation.

Le montant de ces amendes, ainsi que les frais d'exécution d'office, seront prélevés sur le cautionnement, qui devra être reconstitué dans son intégralité dans le délai maximum d'un mois après le prélèvement.

En cas d'insuffisance ou de non reconstitution du cautionnement, l'Administration aura le droit de saisir les produits de l'exploitation du permissionnaire jusqu'à due concurrence.

Ces dispositions sont également applicables au cas où le permissionnaire ne verserait pas à la caisse municipale dans les délais fixés, les redevances dues par lui à la ville en vertu du présent cahier des charges.

Art. 26. — *Outillage français. Proportion d'ouvriers étrangers.* — Sauf exceptions dûment admises par l'Administration, le permissionnaire ne devra employer que des machines, appareils, câbles, etc. fabriqués en France. La proportion des ouvriers étrangers ne devra pas excéder 1/10°.

Art. 27 — *Autorisation à obtenir en dehors de l'administration municipale.* — Le permissionnaire aura à se pourvoir, en temps opportun, sous sa responsabilité, de toutes autorisations nécessaires en dehors de l'Administration municipale de Paris, notamment auprès de la préfecture de police et de l'Administration des postes et des télégraphes.

Art. 28. — *Élection de domicile.* — Le permissionnaire devra faire élection de domicile à Paris ; dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notation ou justification à lui adressée sera valable, lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture de la Seine.

Art. 29. — *Compétence du Conseil de préfecture.* — Les contestations qui s'élèveraient entre le permissionnaire et l'Administration au sujet de l'exécution et l'interprétation des clauses du présent cahier des charges, seront jugées administrativement par le conseil de préfecture du département de la Seine, sauf recours au Conseil d'État.

Art. 30. — *Frais de timbre et d'enregistrement.* — Les frais de timbre et d'enregistrement, d'impression et tous autres auxquels donnera lieu la présente autorisation, seront à la charge du permissionnaire.

Le présent cahier des charges, dressé par le directeur de la voie publique et des promenades.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XXV

A

Pages

Accumulateurs (nouvelles grilles Menges pour).. 29
— (les) dans la pratique par M. Roberts..... 39
— Leur rendement et les variations de leurs constantes électriques. — *Haeberlein*..... 134
— Leur fabrication en Amérique..... 192
— (emploi de l'acide permanganique dans les)... 343
— de « l'Union Electric Power and Light C° »... 430
— Smith..... 426
— (Essais d')..... 430
— Reckenzann..... 539
Acier manganifère (propriétés magnétiques de l')..
Aiguille aimantée appliquée à la recherche du minerai par M. Brough..... 138
Aimants (effet des chocs et du recuit sur le moment magnétique des). — *Brown*..... 30
Aimantation (influence de l') sur la conductibilité des métaux..... 382
Alliages (dépôt électrolytique des) et force électromotrice de décomposition des cyanures. — *S.-P. Thompson*..... 116
Aluminium (l') et son électrométallurgie. — *G. Richard*..... 19
Amorce électrique Smith..... 539
Ampèremètre Deprez à miroir..... 172
— Lippmann..... 172
— du professeur Forbes..... 487
Annales (les) du bureau central météorologique de France. — *Palaz*..... 317
Annonciateur domestique Seiler..... 289
— Viletet C°..... 391
Appareil Lorrain pour dissiper la fumée des canons..... 85
Appareils de mesure de l'institut Montefiore. — *E. Gerard*..... 117
— (nouveaux) de mesure. — *E. Meylan*.... 170 204
Appel par courant continu dans les réseaux téléphoniques..... 479
Armature pour électro-aimant de Gaiser..... 143

Pages

Association nationale pour l'éclairage électrique (session de Boston)..... 634
Avertisseur électrique Ghegan..... 190
— Chubb..... 336

B

Balance électrodynamique pour la mesure pratique des courants intenses de M. Guinand.. 333

Bibliographie :
— Sur l'emploi de l'électricité pour la transmission du travail à distance, par J. Boulanger. — *Marinovitch*..... 42
— « Practical Electricity, » par W. Ayrton.— *Ledeboer*..... 90
— Du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques, par Chavannes. *Marinovitch*..... 93
— The electric motor par J. Wetzler et C. Martin. — *C. Rechniewski*..... 143
— Guide du monteur pour les installations d'éclairage électrique, par V. Gaisberg.— *Marinovitch*..... 292
— Die construction der magnet und dynamo-electrischen maschinen, V. Glaser de Cew; Die wirkungs-gesetze der dynamo-electrischen maschinen, par Auerbach.— *C. Rechniewski* 443
— L'illuminazione ellettrica, du Moncel ; lampa de elletriche, P. Verole. — *Palaz*..... 493
— La galvanoplastie, par E. Bouant. — *E. Meylan*. 595

Brevets d'invention :
Abom et Laudin. — Tannage électrique..... 243
Ader. — Récepteur de courants..... 546
Albouy. — Accidents de chemin de fer..... 396
Bacri. — Téléphonie multiple simultanée..... 147
Barbier. — Accumulateurs..... 445
Baily et Grundy. — Commutateurs..... 596
Bergonié et Gendron. — Pile..... 245

Pages
Blathy. — Distribution des courants alternatifs. 444
Bonfante.— Indicateur de passage pour les trains 46
Bonnefis. — Pile magnéto-électrique..... 445
Bonvillain. — Eventail électrique..... 96
Boudet de Paris. — Impression par l'électricité.. 97
Bréguet. — Voltmètre..... 293
Brooks. — Conducteurs souterrains..... 295
Buchet. — Transmissions téléphoniques..... 94
Byng. — Electricité thérapeutique..... 243
Carlin. — Accumulateurs..... 645
Cazésus et Villot. — Indicateur d'appel..... 95
Chapron. — Métallisation..... 344
Clark. — Signaux de chemins de fer..... 598
Chaner et Rabay.— Plaques pour accumulateurs. 347
Cie des signaux magnétiques. — Transmetteur pour les trains..... 45
Clerc. — Moteur..... 145
— Transformateur..... 146
— Dynamo..... 146
Clémançon. — Portant électrique..... 395
Curts, Crocker et Wheeler. — Moteur ou dynamo..... 494
— Batteries électriques..... 494
De Goyon, de Feltre. — Plaques d'accumulateur. 395
Delforge et Kupffert. — Allumeur électrique..... 43
De Montgelas. — Piles galvaniques..... 43
Desroziers. — Galvanomètres..... 494
Dick et Kennedy. — Transformateurs et distributeurs..... 243 244
Doré. — Télégraphe imprimeur..... 145
Ducretet. — Télégraphes à signaux Morse..... 446
Dun Montanus. — Piles..... 245
Edgerton. — Moteur électrique..... 44
Favet. — Télégnose..... 395
François. — Support pour lampes à incandescence..... 446
Frost. — Avertisseurs téléphonique..... 196
Géhu. — Pile..... 197
Gerboz. — Appareils de sûreté pour les trains... 396
Gillot. — Eclairage des trains..... 545
Grozieux de Laguérenne. — Avertisseur du passage des trains..... 145
Gravier. — Machines dynamos..... 495
Haefner et Langhans. — Accumulateurs..... 446
Heinz. — Accumulateurs..... 294
Hénard. — Train continu électrique..... 296
Henrion. — Régulateur automatique..... 293
Hermite, Patterson et Cooper. — Electrodes..... 545
Hochstadter. — Indicateurs pour boîtes aux lettres..... 497
House. — Résonnateurs électrophonétiques..... 46
— Transmetteurs et récepteurs téléphoniques. 596
Jarriant et Goldner. — Pile..... 145
Jarriant. — Commutateur automatique..... 444
Jehl. — Transformateur de courants..... 245
Jensen et Webb. — Sonnerie..... 196
Knight. — Transmission pour moteurs..... 496
Labre. — Fers à chauffage..... 545
Lacroix. — Pile Daniell modifiée..... 196
Lamure. — Appareils télégraphiques..... 597
Leipner. — Machines dynamos..... 147

Pages
Létang. — Lampes à arc..... 497
Lord. — Appareils téléphoniques..... 196
Lunel. — Pile et accumulateur..... 197
Maiche. — Aluminium et magnésium par l'électrolyse..... 96
— Machine dynamo..... 243
— Machine magnéto-électrique..... 394
Marini. — Ampoule..... 95
Martenot. — Indicateur de pression, etc..... 645
Mathis. — Régulateur pour lampes..... 396
Menges. — Réglage des moteurs électriques..... 294
— Electrodes pour accumulateurs..... 495
Micael et Malterre. — Accumulateur..... 195
Million. — Bougie voltaïque..... 45
Montgelas. — Electrodes d'aluminium..... 43
— Placage en aluminium..... 345
— Extraction de l'aluminium..... 345
— Piles électriques..... 346
Morana. — Médaille électrogalvanique..... 295
Nerlinger. — Signaux électriques..... 344
Pascal. — Application de l'électricité au tissage. 645
Pedley. — Poteaux télégraphiques..... 45
Percival Everitt. — Fermeture des circuits..... 444
Poulet et Dimanche. — Rouet automatique..... 46
Pyle. — Lampe pour locomotives..... 294
Quinby. — Electrolyte dépolarisant..... 147
Radiguet. — Pile..... 197
— Piles..... 597
Raffard. — Machine dynamo..... 195
Reynier. — Accumulateurs..... 496
Richard et London. — Forage par l'électricité... 43
Ries. — Commutateur pour freins..... 344
Ross. — Solénoïde pour la mesure des courants.. 295
Salvat. — Extrait pour la conservation des piles. 43
Scott. — Câbles métalliques..... 96
— Commande des freins électriques..... 344
Schanschieff. — Pile..... 546
Sencier. — Machine dynamo..... 243
Société pour le travail des métaux. — Rivure électrique..... 345
Société Beissbarth de Nuremberg. — Pile..... 346
Société pour le travail des métaux. — Soudure et rivure électriques pour les traverses de chemin de fer..... 347
Société des signaux magnétiques. — Boutons de sonneries..... 394
Société pour le travail des métaux. — Masque protecteur..... 447
Société électrotechnische fabrik Cannstat. — Armatures..... 544
Société anonyme pour le transport de la force par l'électricité. — Eclairage pour voitures de chemins de fer..... 544
— Machines..... 547
Société générale des téléphones. — Réseaux téléphoniques..... 597
Société pour la construction de locomotives, etc. — Lampes à arc..... 598
Société anonyme pour le travail électrique des métaux. — Soudure, rivure et appareils. 646
Soudan. — Accumulateur..... 394

Pages

Steven Petit et Steven Bresson. — Signal électrique contre l'incendie 646
The Writing telegraph Company. — Télégraphes autographiques 295
Timmis. — Eclairage des trains 347 598
— Eclairage des chemins de fer 598
Tournu. — Lampes à incandescence 195
Truchelut. — Lampes à incandescence 95
Walker. — Signaux automatiques 293
Warner et Bailey. — Pile primaire 96
Wodicka. — Armatures des dynamos 44
Wolker. — Piles galvaniques 95
Wynne. — Tramway électrique 645

C

Câbles à gaîne de plomb. — *Brookes* 88
Champ électrostatique (action d'un) sur un courant variable. — *Vaschy* 129
— magnétique (influence du) sur la conductibilité
— magnétique entourant les dynamos (l'exploration du). — *Rechniewski* 519
calorifique du bismuth. — *Righi* 174
— (mesure de l'intensité du) 287
Chemin de fer électrique de Sprague à Richmond. 89
— d'une raffinerie à Boston 343
— à petite section (Munich). — *Dieudonné* 476
— électriques (statistique des) 588
Charbon de cornue (altération du) servant d'électrode positive dans la décomposition des acides, par MM. Péchard et Debray 281
Chauffage à l'aide du courant électrique. — *Ledeboer* 415 581
Circulation du sang (nouvelle théorie sur la) 142
Coefficient de température des rhéostats, sa variation, par M. Anthony 38
— des filaments de charbon 39
Condensateurs étalons (les) à propos des mesures de l'Exposition d'Anvers. — *Palaz* 568
Conducteurs en cuivre (essais sur les) 132
— Souterrains Berthoud, Borel et Cie. — *Palaz*. 374 418
Conductibilité des mélanges des solutions. — *Bouty* 28
— calorifique du bismuth dans un champ magnétique (variation de la). — *Leduc* 65
— électrique (détermination de la) des fils métalliques 489
— des fils de cuivre, par M. Mialaret 480
— électrique des métaux (détermination de la) à l'aide de la balance de Hughes, par M. Goldhammer 585
Correspondance : Lettre de M. Lahmeyer 46
— Lettre de M. Van Vloten 198
— Lettre de M. Maiche 246
— Lettre de MM. Dumont et Pauthonnier 247
— Lettre de M. Cabanellas 296
— Lettre de M. Menges 347
— Lettre de M. Rousseau 599
Coupe-circuit Edwell-Parker 84
Courants intenses (mesure des) 586
Cristallisation (le rôle de l'électricité dans la). — *Decharme* 201, 270, 324, 421 522

D

Décharges électriques à travers les gaz, par M. Schuster 337
Distillation et traitement électrolytique de l'écume de zinc, par M. Rœsing 379
Distribution Edison (nouveau système de) 439
Dynamomètre de transmission Raffard 179
Dynamos (détails de construction des). — *Richard*. 22
— Croosley, Golden et Trotter 22
— Sprague 24
— Elihu Thomson 26
— Brown 27
— Vivo y Graells 28
— Maiche 40
— (Commande des) au moyen de courroies courtes. — *Ayrton* et *Perry* 51
— Siemens et Halske 130
— (Quelques données sur les) 282
— (l'emploi des) en télégraphie. — *Ledeboer* 301
— Schuyler 341
— Jehl et Rupp 367
— Golden et Trotter (Phœnix) 431
— (les) à l'exposition d'Anvers. — *Rechniewski*. 451

E

Éclair (un) curieux 405
— (Photographies d'), par M. Moussette 534
Eclairage électrique de l'École professionnelle de de Berlin. — *E. Dieudonné* 175
— à Vienne. — *Kareis* 189
— à Berlin 234
— des voitures de chemins de fer 239
Effet Peltier (relation entre l') et la différence de potentiel entre deux métaux, par M. Duhem 128
— dans une pile hydro-électrique, par M. Duhem 226
Électricité atmosphérique (production d'électricité négative en temps de pluie). — *Palmieri* ... 17
— atmosphérique (considérations sur quelques théories relatives à l'). — *Luvini* 74 122
— statique (application nouvelle de l') 136
— (distribution de l') sur une surface fermée convexe, par M. Robin 228
— (installation de l') chez M. Johnson 242

Pages

— atmosphérique (aperçu historique sur l'origine et les lois de), par M. Exner..... 328 384
— (production dircte de l') par la chaleur..... 485
— et parlementarisme. — *Anizan*..... 491
Electrisation de l'air, par M. Nahrwold..... 187
Electrocapillaires (nature des phénomènes)..... 280
Electrolyse et raffinage du sucre..... 337
Electrodynamomètre de M. Carpentier..... 204
— de M. Guinand..... 333
Electromètre Edelmann, modifié par M. Gérard. 117
— industriel ou voltmètre électrostatique Carpentier..... 205
Energie électrique aux Etats-Unis (transport et distribution de l')..... 488
— thermique (la transformation directe de l') en énergie électrique et les nouvelles machines d'Edison. — *E. Meylan*..... 551
Essais électriques à l'Exposition universelle d'Anvers; les appareils de mesure.— *E. Meylan* 401
— les machines dynamos. — *Rechniewski*..... 451
— les condensateurs. — *Palaz*..... 568
— mécaniques des conducteurs..... 635
Etalonnage des appareils de mesure à propos du voltamètre de M. Minet. — *Ledeboer*..... 177

F

Faits divers :
Accident par la foudre..... 397
Anguilles électriques..... 349
Appareil photo-électrique..... 97
Appareil d'éclairage minuscule..... 198
Ascension aérostatique de MM. Jovis et Mallet.. 297
Auditions théâtrales à Bruxelles..... 148

Bateau électrique..... 448

Casque pour plongeur..... 599
Chemin de fer électrique en Autriche..... 148
— — à Karlsbad..... 247
— — à Bilbao..... 397
— — à Newcastle..... 448
Communications électriques entre les feux flottants et la côte..... 248
Composition pour l'isolation des fils électriques. 398
Concours de Cadix..... 248
— de moteurs pour l'éclairage..... 449
Conditions pour l'installation d'usinescentrales.. 98
Conférence pour la protection des câbles... 148 199
Copie de lettres électrique..... 247
Courant électrique employé pour tremper les ressorts de montres..... 548
Course de bateaux électriques..... 349
Déterminations d'éléments magnétiques..... 97

Eclairage électrique :
à Mende, Mulhouse, l'Exposition de Bruxelles, théâtre de la Monnaie, Talavera, Naples, Saint-Pétersbourg, Weston, Marille, NewYork..... 48

Pages

Faits divers
à Edgewater..... 49
à Bricquebec, Banyuls, Brême..... 98
à Berchem, à bord du « Dannebroge », Lorca, Denver Colorado, à bord de l' « Atlanta », New-York, Boston et Philadelphie, Chicago..... 99
à Neuvilly..... 148
à la Fere, Berlin, Salzbourg, Paris, Bruxelles Marennes, Lincoln, Ipswich..... 149
au Bois de Vincennes, à Berlin, Vienne, Copenhague..... 198
à Milan, Londres, sur « le Zarati, à Brooklyn.... 248
à la Renaissance, au Palais-Royal, Cologne, Pisck..... 300
à l'Hôtel du « Figaro », Bruxelles, Liège, Rome, Moncalieri..... 349
à Londres, New-York..... 350
à Paris, Francfort, Barmen, Salzbourg, Brême, Montevideo, New-York..... 399
à Gastein, Christiana, Gènes, Rome..... 448
aux Etats-Unis, à Philadelphie..... 479
à Lyon, Brême, Bruxelles, à bord du « Svea »... 499
à Londres, Chicago, New-York..... 500
à Toronto, en Espagne, Buffalo, Reims, Suisse, Londres, Munich, New-York, Washington, Chicago, Vienne..... 549
à Hambourg, Metz, Vienne, Londres, La Paz.... 600
Electricité atmosphérique..... 148
Emission de la Compagnie continentale Edison. 47
Excitation de l'urée par l'électrisation..... 498
Expériences à bord du « Hero »..... 97
Exploitotion de l' « Eastern C° »..... 500
Exposition d'électricité de New-York..... 397
— à Torento..... 448
— d'appareils d'éclairage en Russie..... 449 498

Fabrication des charbons pour foyers à arc..... 98
Fibre vulcanisée appliquée aux cloisons poreuses..... 447
Formulaire de physique Illyne..... 448

Gyration des aérostats par l'attraction électrique. 346

Incendie du bureau des postes de Melbourne..... 47
Incendie du bureau télégraphique de Pittsbourg 07
Incendie de l' « United States Electric Light C° ». 397

Laboratoire Edison..... 448
Lampes électriques (emploi des) dans les mines.. 47
Lampe Friedlander..... 148
Lampe Julien..... 349
Lampe pour l'inspection des chaudières..... 447

Machine dynamo Edison..... 498
Mélange pour les organes des montres..... 397
Mica appliqué aux appareils électriques..... 448
Microphones Siemens..... 406
Modification du brevet téléphonique Gray.. 200 450
Mort de M. F. Mildé..... 547
Moteurs « Agir » et « Ironclad »..... 47
Moteur à gaz Sautenard..... 547

Pages

Faits divers :

Perforatrice Phelps 548
Photographies à la lumière électrique 397
Pile galvanique Massey 548
Poteaux et fils électriques, à Philadelphie 47
Prix pour l'utilisation des chutes du Niagara 397
Procédé Matignon pour éviter le dépôt d'oxyde 599
Procès Bell 450
Programme du concours international de Bruxelles 297
Projet de règlement pour l'éclairage électrique 647
Protection des inventions en Suisse 348
Publication d'un « Recueil de constantes physiques » 297

Réparation des lampes à incandescence 98
Réparation des filaments des lampes à incandescence 298
Réunion et pétition des télégraphistes de Londres. 47
— de l'« Association britannique » 499
Rhéostat Massey 548
Rideau métallique mû par l'électricité 247

Sirène téléphonique Karsten 250
Société Woodhouse et Rawson 349
Syndicat pour l'exploitation des accumulateurs 297

Tarif douanier en Australie 98
Tarif des epxériences au laboratoire de Vienne. 599
Télautographe Gray 250

Télégraphie en Belgique, Espagne et ses colonies, dans les États du Nord, en Angleterre, au Pérou en Chine 49
à Paris, Takaraki, en Suède, Suisse, au Sénégal. 150
dans l'Uruguay 199
entre Verviers et Aix-la-Chapelle 200
en 1884, à Bruxelles, en Suède, au Japon 249
en Afrique 300
en Angleterre, Chine 350
à Lisbonne et Gibraltar, Londres et Calcutta, en Chine, Amérique 399
en Allemagne, Italie 449
en Angleterre, Chine, Amérique, à Sumatra, Colombie, Yucatan, au Brésil 450
en Belgique, Danemark 500
à Barbeston, au Japon, aux Indes, en Sicile, à Mexico 550
en France, à Berlin 600
Téléphone et microphone, leur étymologie 148
Téléphone écrivant 350

Téléphonie à Vienne, en Belgique, en Espagne, à Alicante et Oviedo. Londres, Saint Louis, New-York 50
à Paris et à Rouen 99
en Autriche, à Madrid, Oviedo, Rome, Johnstone, San Francisco 100
à Bergen, Cuba et Haïti, Budapest, en Autriche. 150
à Paris et Rouen, Montevideo, Hambourg et Brême, en Suède 200
à Paris, Verviers et Aix-la-Chapelle, Luxembourg, Ségovie 250

Pages

Faits divers :

en Allemagne, à Bucharest 300
à Paris et Bruxelles, Hambourg et Berlin, Saint-Pétersbourg, Melbourne 350
à Bruxelles, en Amérique 400
à Paris, Gloucester et Bristol 450
à Philadelphie 500
à Berlin, Madrid 550
à Bade, Vigo, Londres, New-York, la Nouvelle-Galles 600
Traction électrique Julien, à Boston 47
— — — à Bruxelles 97
Traction électrique à Londres 198
— — Philadelphie 248
Tramway électrique de Santurce 97
Transformateur ou bobines d'induction 248
Transmetteur Blake 98

Usines centrales à Milan et Florence 97
Usines de cuivre ; leur production 248

Vision à distance au moyen de l'électricité 297

Fer (dépôt galvanique du) et fer électrolytique 334
Filaments de charbon (sur les changements du coefficient de température des). — *Anthony*. 39
Filtre électromagnétique pour l'huile de graissage 391
Force électromotrice de couches métalliques très minces, par M. Oberbeck 231
Foreuse électrique Richards et Langdon 482

G

Galvanomètre Deprez-d'Arsonval, modifié par M. Gérard 117
— Deprez-d'Arsonval à pivot de M. Carpentier. 170
— transportable à miroir 171
— Woodhouse et Rawson. — *B. Marinovitch* 308
— Maxwell et Jolin 539
Graduation des galvanomètres, par M. Grotrian 482

H

Horloges (système Osmaghi de réglage pour les) 502
Hughes-quadruplex de M. Madon. — *P. M.* 151
Hydrométrographe automatique à distance. — *Dieudonné* 351

I

Illumination. électrique à la revue navale de Spitehead 338

Pages

Inclinaison magnétique (détermination de l') par les déviations d'une aiguille aimantée..... 233
Indicateur Hammer pour le sens du courant..... 540
— — pour le système Edison à trois fils 541
Inducteur à courant sinusoïdal de Kohlrausch (modification de l'). — *Pfeiffer*..... 134
Induction unipolaire. — *Exner* et *Czermak*..... 33
— magnétique (utilisation de l') dans les machines dynamos. — *C. Reignier*..... 221
— dite unipolaire (théorie de l'). — *Edlund*..... 501
Instruments de mesure de « l'Electrical Power storage C° »..... 188

J

Jauge de la « National Light Association »..... 635

L

Lampe à arc Balbi et Folley..... 85
— à incandescence Kennedy et Dick..... 85
— à arc système Lever..... 238
— à incandescence (le noircissement des)..... 241
— Mac Dill..... 241
— Menges..... 278
— portative Friedlander 284
Lithanode (éléments à)..... 237
Lumière électrique à Berlin..... 234 591
— dans la marine..... 237
— à Hambourg..... 285
— dans les omnibus..... 339
— à bord des navires de guerre..... 389
— à disque de MM. Jehl et Rupp. — *Rechniewski*..... 367
— ultra-violette (influence de la) sur les décharges électriques, par M. Herz..... 584

M

Machine Maiche (qu'est-ce que la merveilleuse). — *P. Clemenceau*..... 40
— Phœnix nouvelle..... 431
— nouvelles d'Edison. — *E. Meylan*..... 551
— dynamos (essais de); modification de la méthode de Cardew., par M. Hummel..... 537
Magnétisme (son action sur les phénomènes thermiques dans le bismuth. — *Ettingshausen* et *Nernst* 31
— terrestre (variation diurne), par M. Liznar.... 230
— (Action du) sur les décharges électriques rapides dans les gaz, par M. Herz..... 382
— du manganèse..... 338
— (influence du) sur la résistance électrique des conducteurs solides. — *Faè*..... 630
Manipulateurs Morse à clavier (nouveaux). — *K...e*..... 69

Page

Membrane téléphonique (représentation optique du mouvement d'une). — *Frœlich*..... 180
Mesure de la susceptibilité et de la perméabilité magnétiques..... 235
Microphone universel Berliner..... 587
— Siemens et Haske..... 590
Miroirs pour appareils électriques..... 390
Moteur Baxter 86
— Cleveland..... 438
— magnétique Fay et Pullman..... 441
— Daft sur le chemin de fer aérien, à New-York 541
— pyromagnétique Edison..... 551

N

Nervisme (le) et la Société internationale des électriciens. — *E. Meylan*..... 193

O

Observatoire (l') météorologique du mont Ventoux. — *P. Marcillac*..... 601
Oscillations électriques rapides, par M. Hertz.... 335
Outils électriques de M. Rowan. — *Rechniewski*.. 52
Ozone (production d') au moyen de l'electricité.... 236

P

Parafoudre Splalding et appareils analogues antérieurs. — *K...e*..... 364
Paramètres magnétiques (sur les définitions des). — *Reignier*..... 564
Paratonnerres (jonction des) avec les conduites d'eau et de gaz..... 434
Pendule électrique de M. Carpentier..... 206
— de Steinhauer et Rabe..... 286
Phare électrique de l'île de May..... 435
Phénomène de Hall, par MM. Ettingshausen et Nernst..... 31
— — sa théorie, par M. Goldhammer.. 336
Pile du docteur Lugo..... 36
— de M. Waslh et de M. Newton..... 138
— (Utilisation des solutions épuisées d'une)..... 189
— Leclanché (électrode négative pour la)..... 239
— médicale Piper..... 292
Polarisation magnétique circulaire du nickel et du cobalt, par M. Du Bois..... 536
Procès Zipernowsky, Déri et Blathy. contre MM. Gaulard et Gibbs. — *Bourdin*..... 392
Projecteur Ronald Scott..... 139

R

Radio-micromètre Boys..... 484
Régulateur pour dynamos (voir dynamos)..... 22

Pages
— Menges pour distribution électrique..... 219
— à arc de M. Menges. — *E. Meylan*..... 278
Relais-boussole Krœsswang..... 83
Répétiteur de signaux Gilbert..... 389
Rhéostat de précision (variations du coefficient de température du fil d'un). — *Anthony* 38
— continu de la maison Bréguet..... 207
— (Nouveau) de Kohlrausch..... 428

S

Self-induction (mesure de la) d'un conducteur à l'aide de courants induits, par E. Kolhrausch 427
— de deux bobines en quantité. — *Ledeboer*. 251 471
Shunt (emploi du) dans la méthode balistique. — *Ledeboer*..... 208
— — . — *Cabanellas* 229
Signal d'alarme pour les coffre-forts de M. Chubb. 339
Sirène téléphonique Karsten..... 187
Sismomètre Moses..... 383
Sonnerie électrique Floyd..... 188
Station centrale de Brooklyn système Thomson-Houston 237
Stroboscope de M. Auschutz..... 34
Symboles graphiques et descriptions des appareils électriques. — *Munro*..... 275
— des appareils électriques dans les diagrammes. — *Menges*..... 578
Synchronisation d'une oscillation faiblement amortie. — *Cornu*..... 81

T

Télégraphe octuplex imprimeur Brown 290
Télégraphie sous-marine (la). — *E. Wunschendorff* 3, 56, 101, 155, 210, 256, 309, 356, 404, 459, 503, 555 et..... 621
— (l'emploi des dynamos en). — *Ledeboer*..... 301
Télégraphiques (fils) souterrains Callender..... 36
— Kiefer (à propos du). — *K...e*..... 514
Pages
Téléphone chantant Karsten..... 137
— (emploi du) dans les signaux électriques domestiques. — *K...e*..... 217
— entre Berlin et Hambourg..... 286
— à anche de M. Safford..... 341
— (travail du) et des machines alternatives, par M. Mascart..... 530
Téléphonie à grande distance. — *Vaschy* 18, 165 264
Téléphonique (réseau) de Berlin..... 587
Telphérage (le) Jenkin et Perry..... 36
Terre automatique de M. Robbins pour les lignes télégraphiques..... 542
Théâtres (la sécurité dans les). — *Dieudonné*..... 616
Thermoscope à contact Merke..... 235
Tourniquet électrique Bichat..... 227
Tramway électrique de Los Angeles..... 139
— à Brighton..... 388
— (statistique des)..... 588
Transformateurs (la théorie géométrique des). — *C. Rechniewski*..... 610
Transmetteur téléphonique Stephen D. Field.... 141
Transmission multiplex pour communications téléphoniques. — *D. Tommasi*..... 528
Travaux de laboratoire exécutés à l'Institut Montefiore en 1887. — *Pescetto* 412
Trieuses magnétiques pour la fabrication du papier..... 434

U

Udiomètre enregistreur électrique Genglaire..... 283

V

Voltmètre industriel de la maison Breguet..... 173
— et appareils de contrôle Bruckner, Ross et Cie..... 340
— de poche Patterson et Cooper..... 386

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

A

Pages

Anizan. — Parlementarisme et électricité..... 491
Anthony. — Variations du coefficient de température du fil d'un rhéostat de précision..... 38
— Changements du coefficient de température des filaments de charbon..... 39
Auschutz. — Stroboscope..... 34
Ayrton et Perry. — Commande des dynamos au moyen de courroies courtes..... 51

B

Balby et Folley. — Lampe à arc..... 85
Baldrige. — Manipulateur à clavier..... 71
Banneux. — Essais faits en Belgique sur les conducteurs en cuivre..... 132
Barrett. — Les propriétés magnétiques de l'acier manganifère..... 432
Baxter. — Moteur électrique..... 86
Berliner. — Microphone universel..... 587
Berthould-Borel. — Câbles..... 375 418
Bichat. — Nouveau tourniquet électrique..... 227
Boltzmann. — Action du magnétisme sur les décharges rapides électriques dans les gaz.... 382
Bourdin. — Le procès Zipernowsky, Déri et Blathy contre MM. Gaulard et Gibbs..... 392
Bouty. — Cas général de la conductibilité des mélanges; nombre des molécules électrolytiques dans les dissolutions étendues..... 28
Boys. — Radiomicromètre..... 484
Bréguet (maison). — Ampèremètre Lippmann, voltmétre, rhéostat..... 170 207
Brookes. — Les câbles à gaîne de plomb..... 88

Pages

Brown. — Effet des chocs et du recuit sur le moment magnétique des aimants en acier..... 36
— Télégraphe imprimeur octuplex..... 290
Bruckner, Ross et C°. — Voltmètre et appareils de contrôle..... 340

C

Cabanellas. — Emploi du shunt dans la méthode balistique..... 229
Callender. — Conducteurs souterrains..... 36
Carpentier. — Appareils de mesure : galvanomètres, électrodynamomètres, électromètre et pendule électrique..... 171 204
Castner. — Procédé pour la production de l'aluminium..... 119
Chandler. — Dépôt galvanique du fer..... 334
Chubb. — Signal d'alarme pour les coffre-forts.... 339
Clemenceau. — Qu'est-ce que la merveilleuse machine Maiche..... 40
— Brevets d'invention. 43, 94, 145, 195, 243, 293, 344, 394, 444, 494, 544, 596..... 645
Cleveland. — Moteur..... 438
Cornu. — Sur la synchronisation d'une oscillation faiblement amortie..... 81

D

Davies. — Galvanomètre..... 308
Debray et Péchard. — Altération du charbon de cornue servant d'électrode positive dans la décomposition des acides..... 281

Pages

Decharme. — Le rôle de l'électricité dans la cristallisation..... 201, 270, 324, 421 522
Dieudonné. — Eclairage électrique de l'école professionnelle de Berlin..... 175
— Hydrométrographe automatique à distance... 351
— Les chemins de fer électriques à petite section..... 476
— La sécurité dans les théâtres..... 616
Dill. — Lampe à arc..... 241
Du Bois. — Sur la polarisation magnétique circulaire du nickel et du cobalt..... 536
Duhem. — Relation entre l'effet Peltier et la différence de potentiel entre deux métaux..... 128
— Le phénomène Peltier dans une pile hydro-électrique..... 226
Dunderdale.— Filtre magnétique..... 391

E

Edison. — La production directe de l'électricité par la chaleur..... 485, 551
— Système de distribution en séries multiples .. 439
Edlund. — Quelques remarques sur les considérations critiques de M. Luvini concernant la théorie de l'induction dite unipolaire..... 501
Elwell-Parker. — Coupe-circuit..... 84
Ettingshausen et Nernst. — Sur le phénomène de Hall..... 31
Exner et Czermak.— Sur l'induction unipolaire. 33
Exner.— Aperçu historique sur l'origine et les lois de l'électricité atmosphérique..... 328 384

F

Faè.— Influence du magnétisme sur la résistance électrique des conducteurs solides..... 630
Fahrig. — Electrolyse et raffinage du sucre..... 337
Field. — Transmetteur téléphonique..... 141
Floyd. — Sonnerie..... 188
Friedlander. — Lampe portative..... 284
Forbes. — Accumulateur à lithanode..... 237
— Ampèremètre et compteur..... 487
Froëlich.— Représentation optique du mouvement d'une membrane téléphonique..... 180

G

Gaiser. — Armature pour électro-aimant..... 143
Genglaire. — Enregistreur udiométrique..... 283
Gérard. — Appareils de mesure apériodiques employés à Montefiore..... 117
Ghegan. — Avertisseur de ronde..... 190
Gilbert.— Répétiteur de signaux..... 389
Goldhammer. — Théorie du phénomène de Hall. 336
— Influence de l'aimantation sur la conductibilité des métaux..... 382
Grotrian. — Nouvelle méthode de graduation des galvanomètres..... 482
Gumand. — Balance électrodynamique pour la mesure pratique des courants intenses..... 333

H

Pages

Haeberlein. — Rendement des accumulateurs et variations de leurs constantes électriques.... 134
Hammer.— Indicateur du sens du courant..... 540
— — de courant..... 541
Hering.— Exploration des champs magnétiques .. 519
Hertz. — Oscillations électriques très rapides..... 335
— Influence de la lumière ultra-violette sur les décharges électriques..... 584
Hillairet. — Système de réglage automatique des distributions électriques, par M. Menges... 219
Hummel. — Essais de machines dynamos, modification de la méthode de Cardew..... 537
— Méthode pour la mesure des courants intenses..... 586

J

Jehl et Rupp. — Machine à disque..... 36
Jenkin et Perry. — Telphérage..... 3

K

Kareis.— Correspondance d'Autriche 189, 287, 340 542
Karsten. — Téléphone chantant..... 137
— La sirène téléphonique..... 187
K...e. — Nouveaux manipulateurs Morse à clavier. 69
— Sur l'emploi du téléphone dans les signaux électriques domestiques..... 217
— Le parafoudre Spalding et les appareils analogues antérieurs..... 364
— A propos du télégraphe imprimeur Kiefer.... 514
Kennedy et Dick. — Nouvelle lampe à incandescence..... 85
Kiefer.— Télégraphe imprimeur K....e..... 514
Kleiner. — Procédé pour la production de l'aluminium..... 119
Kohlrausch. — Détermination de la self-induction d'un inducteur à l'aide de courants induits..... 427
— Nouveau rhéostat..... 428
Krosswang. — Relais-boussole..... 83

L

Ledeboer. — Bibliographie : « Pratical electricity», par W. E. Ayrton..... 90
— De l'étalonnage des appareils de mesure à propos du voltamètre de M. Minet..... 177
— Sur l'emploi du shunt dans la méthade balistique..... 208
— Sur l'emploi des dynamos en télégraphie..... 301
— A propos du chauffage à l'aide du courant électrique..... 415 581
— Sur le coefficient de self-induction de deux bobines réunies en quantité..... 251 471

Pages

Leduc. — Variation de la conductibilité calorifique du bismuth dans un champ magnétique.... 65
Lever. — Lampe à arc..... 238
Liznar. — La période de 26 jours de la variation diurne des éléments du magnétisme terrestre. 230
— Détermination de l'inclinaison magnétique par les déviations d'une aiguille aimantée..... 233
Lorrain. — Nouveau moyen de dissiper la fumée des canons..... 85
Luggini et Jaumann. — Mesure de l'intensité d'un champ magnétique..... 287
Luvini. — Considérations sur quelques théories relatives à l'électricité atmosphérique..... 74 122

M

Madon. — Hughes quadruplex..... 151
Marcillac. — Nouveau système de Hughes quadruplex de M. Madon..... 151
— L'observatoire météorologique du Mont Ventoux..... 601
Marinovitch. — Bibliographie : sur l'emploi de l'électricité pour la transmission de la force à distance, par J. Boulanger..... 42
— Bibliographie : du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques, par R. Chavannes..... 93
— Bibliographie : Guide du monteur pour installations d'éclairage électrique, par V. Gaisberg..... 292
— Note sur un nouveau galvanomètre..... 308
Martin. — Transport et distribution de l'énergie électrique aux États-Unis..... 488
Mascart. — Sur le travail des téléphones et des machines alternatives..... 530
Menges. — Nouvelles grilles pour accumulateurs.. 29
— Régulateur pour distributions électriques..... 219
— Régulateur à arc..... 278
— Sur les symboles des appareils électriques dans les diagrammes..... 578
Merke. — Thermoscope à contact..... 235
Meylan. — Nouveaux appareils de mesure... 170 204
— Une nouvelle forme d'électricité : le nervisme et la société des électriciens..... 193
— Le régulateur de M. Menges..... 278
— Les essais électriques à l'Exposition universelle d'Anvers : Les appareils de mesure..... 401
— La transformation directe de l'énergie thermique en énergie électrique et les nouvelles machines d'Edison..... 551
— Bibliographie : La galvanoplastie, par M. Bouant..... 595
Mialaret. — Détermination de la conductibilité électrique des fils métalliques..... 480
Michaelis. — Correspondance d'Allemagne. 34, 234, 285, 337, 434, 590
Moussette. — Photographies d'éclairs..... 534
Moses. — Nouveau sismomètre..... 383

Pages

Munro. — Correspondance d'Angleterre. 36, 85, 138, 188, 235, 388, 435, 482, 539, 640
— Les symboles graphiques et les descriptions des appareils électriques..... 275
Murdock. — Éclairage des navires..... 638

N

Nahrwold. — Electrisation de l'air..... 187
Newton. — Pile..... 138

O

Oberbeck. — La force électromotrice de couches métalliques très minces..... 231
— Détermination de la conductibilité électrique des métaux à l'aide de la balance de Hughes..... 585
Oesterreich. — Système d'appel par courant continu dans les réseaux téléphoniques..... 479
Osmaghi. — Système de règlage électrique pour les horloges..... 592

P

Palaz. — Annales du bureau central météorologique de France..... 317
— Conducteurs souterrains Berthoud, Borel et Cie..... 374 418
— Bibliographie : « L'illuminazione elettrica, » du Moncel; « Lampa de ellettriche, P. Vesole..... 493
— Les condensateurs étalons, à propos des mesures de l'Exposition d'Anvers..... 568
Patterson et Cooper. — Voltmètre de poche..... 389
— Dynamo Phœnix..... 431
Palmieri. — Comment on peut avoir de l'électricité négative lors de la chute de la pluie sur le lieu des observations..... 17
Parenthon. — Hydrométrographe..... 531
Pescetto. — Les travaux de laboratoire à l'Institut électrotechnique Montefiore en 1887..... 412
Pfeiffer. — Modification de l'inducteur à courant sinusoïdal de F. Kohlrausch..... 134
Picard. — Emploi des dynamos en télégraphie... 301
Piper. — Pile médicale..... 292

R

Raffard. — Dynamomètre..... 179
Rechniewski. — Outils électriques de M. Rowan. 14
— Bibliographie : The electric motor and its applications, par J. Wetzler et C. Martin..... 143

Pages
— La machine à disque de MM. Jehl et Rupp... 367
— Bibliographie : « Die construction der magnet und dynamo-electrischen maschinen, par G. Glaser de Cew..... 442
— Bibliographie : « Die wirkungsgesetze der dynamo-electrischen maschinen, par Auerbach..... 443
— Les dynamos à l'Exposition d'Anvers..... 451
— L'exploration des champs magnétiques entourant les dynamos, d'après C. Hering..... 519
— La théorie géométrique des transformateurs.. 610
Reid.— Parafoudre..... 366
Rymer Jones.— Parafoudre..... 366
Reignier. — Sur l'utilisation du flux d'induction magnétique dans les machines dynamos.... 221
— Sur les définitions des paramètres magnétiques..... 564
Richard. — Détails de construction des machines dynamos..... 22
— L'aluminium et son électrométallurgie..... 119
Richards et Langdon.— Foreuse électrique.... 482
Righi. — Influence du champ magnétique sur la conductibilité calorifique du bismuth..... 174
Robin. — Distribution de l'électricité sur une surface fermée convexe..... 228
Robbins.— Terre automatique..... 542
Rothen. — Détails sur le réseau téléphonique de Berlin..... 587
Rœsing. — Distillation et traitement électrolytique de l'écume de zinc..... 379
Ronald et Scott. — Projecteur..... 139
Rowan. — Outils électriques..... 14

S

Safford. — Téléphone à anche..... 341
Schuster — Décharges électriques à travers les gaz. 337
Schuyler. — Dynamo..... 341
Seiler. — Annonciateur domestique..... 289
Shenstone et Cundall. — Production d'ozone au moyen de l'électricité..... 236
Siemens et Halske. — Machine dynamo..... 130
— — Microphone..... 590
Spalding.— Parafoudre..... 364
Squire. — Utilisation des solutions épuisées des piles..... 189
Starcevic. — Manipulateur à clavier..... 73
Steinhauer et Rabe. — Pendule électrique..... 286
Stoney. — Nouvelle théorie sur la circulation du sang..... 142

T

Thompson (S.-P.) — Sur le dépôt électrolytique des alliages et sur la force électromotrice des métaux dans les cyanures en dissolution.... 116
— **(Edw.).** — Méthode pour empêcher le noircissement des lampes à incandescence..... 241
Tommasi. — Dispositif de transmission multiplex pour communications téléphoniques..... 528

V

Vaschy. — Téléphonie à grande distance. 18, 165 264
— Action d'un champ électrostatique sur un courant variable..... 129
— Nature des phénomènes électrocapillaires.... 280
Vilet.— Annonciateur..... 391

W

Walsh. — Pile (éclipse)..... 139 340
Warren. — Mesure de la susceptibilité et de la perméabilité magnétiques..... 235
— Le manganèse et le magnétisme..... 338
Webster. — Procédé pour la production de l'aluminium..... 122
Wetzler. — Correspondance des Etats-Unis.. 37 86, 139, 190, 237, 289, 341, 390, 438, 485, 540..... 642
Woodhouse et Rawson. — Nouveau galvanomètre..... 308
Volbeler. — Lumière électrique à Hambourg..... 285
Wunschendorff. — La télégraphie sous-marine 1re et 2e parties 3, 55, 101, 155, 210, 256 309, 356, 404, 459, 503, 555 621

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 059563483